

# **Evolución Cenozoica de la Cuenca de Antepaís de Tres Cruces, Cordillera Oriental, noroeste de Argentina.**



Tesis doctoral 2019

Facultad de Ciencias Naturales y Museo

Universidad Nacional de La Plata

Lic. Juan Pablo Villalba Ulberich

Directores:

Dra. Claudia I. Galli

Dr. Juan R. Franzese

## Índice de contenidos

AGRADECIMIENTOS .....	1
RESUMEN .....	4
ABSTRACT .....	6
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	8
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES.....	10
Marco Geológico.....	10
Estratigrafía de la cuenca de Tres Cruces .....	15
Contexto tectónico .....	22
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA CUENCA DE TRES CRUCES .....	26
Introducción.....	26
Materiales y Métodos .....	28
Análisis de facies.....	28
Análisis de paleocorrientes.....	30
Análisis composicional y de procedencia .....	31
Resultados.....	33
Columnas Estratigráficas .....	34
Análisis de facies, elementos arquitecturales y asociación de facies. ....	36
Interpretación .....	40
Procedencia.....	57

<b>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DE TRES CRUCES .....</b>	<b>68</b>
Introducción.....	68
Materiales y Métodos .....	68
Flujo de trabajo para en análisis estructural.....	72
Ubicación del despegue basal .....	74
Supuestos asumidos en el flujo de trabajo .....	75
Sección A – A' .....	78
Sección B – B' .....	81
Corte C – C' .....	84
Reconstrucción palimpástica .....	87
 <b>CAPÍTULO 5: ESTRATIGRAFÍA SÍSMICA: UNA APROXIMACIÓN A LA CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN</b>	<b>89</b>
Introducción.....	89
Metodología.....	91
Resultados e interpretación de las tecto-secuencias de la cuenca de Tres Cruces.....	94
 <b>CAPITULO 6: EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL CENOZOICA DE LA CUENCA DE TRES CRUCES .....</b>	<b>101</b>
Formación Casa Grande.....	101
Formación Río Grande .....	106
Sección Inferior .....	106
Sección Superior.....	110
Formación Pisungo.....	111
 <b>CAPITULO 7: MODELO ESTRUCTURAL PARA LA CUENCA DE TRES CRUCES .....</b>	<b>114</b>
Variaciones estructurales a lo largo de la cuenca.....	116
Influencia de estructuras heredadas, gradientes de deformación y transferencia.....	119
Modelo Estructural .....	122

CAPÍTULO 8: DISCUSIÓN .....	124
Evolución Cenozoica de la Cuenca de Tres Cruces .....	124
Secuencia 1 - Casa Grande: Eoceno Medio/Superior – Oligoceno (40 – 25 Ma) .....	124
Secuencia 2 - Río Grande Inferior: Oligoceno Superior – Mioceno Medio (25 – 14 Ma) .....	126
Secuencia 3 – Río Grande Superior: Mioceno medio – Mioceno superior (14 – 9 Ma) .....	129
Secuencia 4 - Pisungo: Mioceno Superior – Pleistoceno (9 – 3 Ma) .....	133
Secuencia 5: Pleistoceno – Actualidad (3 Ma – Actualidad) .....	135
Evolución estructural de la cuenca de Tres Cruces.....	135
CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.....	139
BIBLIOGRAFÍA.....	141
APÉNDICE .....	159



## AGRADECIMIENTOS

*“Tengo una banda amiga que me aguanta el corazón”*

Por donde comenzar cuando hay tantas personas que formaron parte de estos cinco años, por quién comenzar, y como en tan breve texto agradecer a cada una de las personas que formaron parte de este proceso.

En primer lugar, al CONICET y al Gobierno de la Nación Argentina por haberme otorgado esta beca con la cual pude realizar un proyecto de doctorado además de sostener un proyecto de vida. A la Universidad de La Plata, Nacional, Popular y Gratuita, que me permitió graduarme de la Licenciatura en Geología y realizar este doctorado en su escuela de Posgrado, al Instituto de Geología y Minería de la Universidad Nacional de Jujuy por brindarme el espacio y los recursos para desarrollar este trabajo de investigación.

A mis directores por acompañarme en este proceso con compromiso, por permitirme trabajar en un marco de confianza y libertad. A la Dra. Claudia Galli, por ofrecerme la posibilidad de participar en este proyecto y de venir a Jujuy. Por brindarme las condiciones para realizar este doctorado. Por brindarme recursos para que este proyecto de tesis pueda no solo ser cumplido, si no, se caracterice por la cuantiosa generación de nuevos aportes. Por último, agradezco sus valiosas discusiones en los resultados de esta tesis. Al Dr. Juan Franzese por su serenidad, su optimismo y su sabiduría, por saber acompañarme en los momentos de mayor complejidad, por creer en mí y por sus sugerencias siempre tan apropiadas.

Al proyecto IRTG-StRATEGy – CONICET que financió las salidas de campo y dos viajes a Alemania para perfeccionarme con la Dra. Maria Mutti en manejo de programas vinculados al análisis estructural y estratigráfico secuencial.

A Luis Constantini por sus enseñanzas en los primeros pasos de la interpretación sísmica, por los consejos, por la visión y el conocimiento del NOA. A Roberto Hernandez por brindarme su disponibilidad y conocimiento para aportar a mis dudas y la discusión.

A Ornela que fue parte de este proceso, que me acompañó al campo y en muchas discusiones, que por cuestiones de la vida tomamos caminos distintos. Gracias por ser parte de los primeros años, por enseñarme a escuchar y ser escuchado y generar un pensamiento crítico.

A la gente del Instituto de Geología y Minería de la UNJu. A Guada y Pancho por abrirme las puertas de sus casas cuando llegué a Jujuy, por hacerme sentir como en casa, por ayudarme y hacer tan cálido el arribo a una provincia tan linda y difícil al mismo tiempo. A Gabi, Carla, Yesi y Cyn por ser tan amenas compañeras en este camino con tantos vaivenes llamado doctorado, por el apoyo mutuo, la oreja y la comprensión en los momentos de crisis y también en los momentos de distracción necesarios. A Alicia y Marcos, que me enseñaron como transitar estos primeros pasos en el camino de la ciencia, gran sostén de este proceso y grandes vecinos a los cuales tengo la suerte de poder llamar amigos. A Pato, compañero filósofo de oficina con el que espero tener el gusto de seguir compartiendo oficina y asados. A Pablo por ayudarme con su conocimiento en momentos de duda y por compartir tan lindas guitarreadas. A Patro y Cachi por las charlas diarias, a Romi por ser un oído y darme siempre buenas ideas. A Natalia, directora del Instituto, por brindarme el espacio de trabajo y al resto del equipo docente y no docente del Instituto.

A la murguita “Asustando La Chola” por ser esa banda amiga que me aguantó siempre, que me permitió conocer la murga uruguaya, hacer grandes amigos y brindarme un espacio en el cual me siento cómodo, querido y contenido. Sin ustedes estos 5 años hubieran sido muy distintos. Gracias a todos!!

A la comunidad de Lozano, que son mi hogar, mi familia. A Nadia, gran compañera junto a Amaru que me alegran cada día y con la que compartimos largas charlas y comilonas. A Gigi, gran compañera con la que compartimos una pasión popular, salidas y vinitos. A Aye, la alegría del barrio, la que te saca una sonrisa y te recarga de energías cuando aparece. A Pato y Marce, les mapadres. A Gus, el pedacito de La Plata presente en Jujuy, amigo de la vida por esas razones de la vida. A Bianca y Ruma, las dos hermosas perras que me acompañan día a día y con las cuales tengo el placer de caminar todos los días, las que me dan su amor incondicionalmente sin pedir nada a cambio. A Juancho, la nueva incorporación, gran compa que me aguantó estos últimos meses que estuve insoportable.

A Sonia, gran amiga y fundamental este último año, gracias por el oído incondicional, los mates, las birras, la compañía.

A mi familia que siempre está, a mi mamá por brindarme todo su apoyo siempre, por cuidarme y mimarme a la distancia y en las visitas, por su ojo crítico en los momentos necesarios y por ordenarme la cabeza cuando estaba enquilombado. A papá por ser ese gran compañero de aventuras, por sus visitas en agosto que me acarician el alma, por la pasión compartida por la geología y la aventura, por las escapadas a la montaña y a tantos destinos, siempre motorizados por la intriga a lo desconocido. A Magda, la “enana”

de mi vida, mi hermana querida con la que nos sostenemos mutuamente en todo momento. A cada una y cada uno de los demás integrantes, a los que se han ido en el transcurso de estos años, a las y los que hace tiempo no veo, pero son responsables de lo que soy hoy.

Gracias a cada uno de ustedes!

## RESUMEN

La Cuenca cenozoica de Tres Cruces está localizada entre el margen occidental de la Cordillera Oriental y el margen oriental de la Puna, en el noroeste argentino, encontrándose fuertemente deformada por la orogenia andina. El relleno asociado al levantamiento de los Andes, está representado por tres unidades: Casa Grande, Rio Grande y Pisungo. La primera presenta un contacto paraconcordante sobre la Formación Lumbrera, última unidad del *postrift* del Grupo Salta con espesores que no superan los 300m. La Formación Rio Grande se apoya en discordancia erosiva sobre la formación Casa Grande en la mayor parte de la cuenca con espesores variables entre 800 y 1200m. La Formación Pisungo, presente solo en depocentros aislados, se caracteriza por afloramientos muy aislados, con un techo cubierto por depósitos modernos y un espesor medido en sismica que supera los 3000m. El paleoambiente evoluciona desde un sistema meandriforme efímero para la Formación Casa Grande hacia un sistema fluvial entrelazado profundo en la Formación Rio Grande, que culmina con un sistema de abanicos aluviales compuestos por flujos de detritos, característicos de la Formación Pisungo. Se evidencia una clara progradación desde un ambiente distal a uno proximal con variaciones en el espacio de acomodación asociadas a cambios en la configuración interna de la cuenca.

El análisis estratigráfico secuencial en el sector noroccidental de la cuenca permitió definir 8 superficies limitantes vinculadas con las unidades depositacionales y asociarlas a eventos de deformación. En base a esto, la superficie S1 da comienzo a la depositación de la Formación Casa Grande sobre el Grupo Salta, la superficie S2 da inicio a la depositación de la Formación Rio Grande la cual, es subdividida en inferior y superior en la base de la superficie S3. La superficie S5 marca el inicio de la Formación Pisungo. La superficie S1 marca el inicio de los depósitos de antepaís en el área de Tres Cruces. A partir de la superficie S3 se observa un vínculo directo con el crecimiento de la falla Aguilar, que limita el borde occidental de la cuenca de Tres Cruces y la superficie S5 muestra una interacción con la falla Pisungo, generando una compartimentalización de la cuenca.

El análisis estructural permitió, sobre la base de información sísmica y de superficie, identificar estructuras de primer, segundo y tercer orden de jerarquía, interpretar tres secciones estructurales O – E y generar tres reconstrucciones balanceadas para determinar el acortamiento de la cuenca. En base a esto, se interpretó una faja plegada y corrida de piel gruesa con un despegue basal cercano a los 20km de profundidad, la cual es interferida por estructuras heredadas del *rift* del Grupo Salta y del basamento paleozoico, las cuales interfieren el avance de la faja plegada y corrida a partir de retrocorrimientos de alto ángulo, dando como resultado una configuración muy compleja. Esta interacción entre fallas de doble

vergencia genera estructuras tales como *triplex*, corrimientos superficiales por propagación de falla e incremento de espesor por deformación intraformacional. La retrodeformación balanceada permitió medir el acortamiento en un 10,7%, equivalente a 19.777km en una sección con una longitud inicial de 160.000km en la dirección O – E.

Finalmente, la integración de los paleoambientes depositacionales, las superficies de discontinuidad determinadas en función de la estratigrafía secuencial y el análisis de la estructura permitió interpretar cinco episodios dentro de la evolución de cuenca de Tres Cruces: (1) Durante el Eoceno Medio/Superior – Oligoceno un ambiente de antepaís distal vinculado a la Formación Casa Grande. (2) Durante el Oligoceno – Mioceno Inferior un ambiente de antepaís medio a proximal con el desarrollo de la Formación Rio Grande Inferior. (3) Durante el Mioceno Inferior a Medio con el desarrollo de la Formación Rio Grande Superior asociada al levantamiento de la sierra de Aguilar, con el frente orogénico posicionado en la cuenca de Tres Cruces. (4) Mioceno Superior – Plioceno con el desarrollo de la Formación Pisungo en un ambiente de antepaís fragmentado, con una fragmentación de la cuenca de Tres Cruces en subcuencas. Se registra para este momento el mayor tectonismo en la cuenca. (5) Desde el Pleistoceno a la actualidad, la desconexión del área de Tres Cruces del frente orogénico, el cese de la deformación y la depositación de la Formación Mal Paso durante el Pleistoceno en un ambiente de cuenca intermontana.

## ABSTRACT

The Tres Cruces basin is located in the northwestern margin of the Eastern Cordillera in northwest Argentina. It was strongly deformed by Andean orogeny and exhibits a sedimentary fill which exceeds 3.000m of sediments. The infill related with Andean orogeny is represented by three units: Casa Grande, Rio Grande y Pisungo Formations. Casa Grande Formation lies in paraconcordance over Lumbrera Formation (Top of the *postrift* of Salta Group) with a thickness that reaches 300m. Rio Grande Formation overlies by an erosive unconformity Casa Grande Formation in most of the basin with thickness that vary between 800 and 1200m. The last unit, Pisungo Formation is located in isolated depocenters with poor exposure and extremely variable thickness, exceeding 3000m in seismic lines. The paleoenvironment evolves from an ephemeral meandering system in Casa Grande, into a deep braided fluvial system in Rio Grande to an alluvial fan depositional system dominated by debris flows in Pisungo Formation. A clear progradation from a distal to a proximal paleoenvironment is observed with variations in the accommodation space related with changes in the internal configuration of the basin.

The analysis of sequence stratigraphy in the northwestern part of the basin allowed the definition of 8 discontinuity surfaces linked with depositional units and with tectonic events. The surface S1 marks the beginning of the foreland over the *postrift* related with Casa Grande Formation. The surface S2 marks the beginning of Rio Grande Formation which is subdivided in two depositional units by the surface S3 in Lower and Upper Rio Grande Formation. The surface S5 marks the beginning of the Pisungo Formation. These surfaces are related with tectonic events where the surfaces S1 and S2 are associated with a distal foreland, the surfaces S3 and S4 with the growth of Aguilar fault and S5 to S8 with the compartmentalization of the basin.

The structural analysis led, on the basis of seismic and surface information, to identify structures of 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> order of hierarchy, to interpret 3 W – E balanced structural sections and retrodeform them to determine the shortening. As a result, a thick skin fold and thrust belt was interpreted with a decollement near 20km depth which is interfered by inherited basement retrovergent structures, changing the tectonic environment from a normal foreland to a broken foreland setting. These complex interaction between double vergence basement faults generates structures like *triplex*, propagation fault folds in the surface and thickening by intraformational deformation. The balanced retrodeformation models allow to interpret an average shortening of 10,7%, equivalent to 19.777km from a section of 160.000km.

Finally, the integration of depositional paleoenvironments, discontinuity surfaces and structural analysis allowed to interpret 5 episodes within the evolution of Tres Cruces basin: (1) during Middle/Upper Eocene – Oligocene within a distal foreland environment linked with Casa Grande Formation; (2) during Oligocene – Lower Miocene an environment of medium to proximal foreland represented by Lower Rio Grande Formation; (3) During the Lower to Middle Miocene with the development of Upper Rio Grande Formation associated with the uplift of the Sierra de Aguilar, with the orogenic front positioned in the western margin of Tres Cruces; (4) Upper Miocene – Pliocene marked by the development of Pisungo Formation in isolated sub- basins into a broken foreland setting. Is the period of highest tectonism in the basin; (5) After Pleistocene with the disconnection of Tres Cruces from the orogenic front, the cessation of deformation and deposition of Mal Paso Formation in a context of an intermontane environment.



# CAPÍTULO 1



## INTRODUCCIÓN

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Las cuencas sedimentarias son regiones con subsidencia prolongadas en la superficie de la tierra. Los mecanismos que conducen a la subsidencia están asociados principalmente con la litósfera (capa relativamente rígida y térmicamente fría de la tierra). La litósfera está compuesta por un número de placas que están en movimiento con respecto a la otra. Las cuencas sedimentarias se forman debido a que existe un entorno de movimiento de placas. Comprender el contexto global para la ocurrencia de cuencas sedimentarias e introducir una conciencia de los mecanismos más importantes para la formación y evolución de cuencas ha sido el objeto del análisis de cuenca. Es en este sentido que durante los últimos años se ha profundizado el conocimiento de las cuencas sedimentarias a partir de la vinculación de procesos endógenos y exógenos (Allen y Allen, 2006).

El desarrollo de cuencas de antepaís en el noroeste argentino asociado al levantamiento de la Cordillera de los Andes ha sido foco de numerosas contribuciones en los últimos años. En este sentido, los factores tectónicos, eustáticos y climáticos han tenido un rol fundamental en el control de la geometría, distribución y naturaleza de los ambientes sedimentarios depositados (Jordan *et al.*, 1983). Los modelos de evolución del antepaís planteados hasta el momento muestran un desarrollo de antepaís normal al Norte de los  $-23^\circ$  con el desarrollo de una faja plegada y corrida de piel fina (DeCelles *et al.*, 2011) mientras que al Sur de los  $-24^\circ$  las heterogeneidades presentes en el subsuelo generan una tectónica de bloques, también llamado antepaís fragmentado (Ramos, 2010; Strecker *et al.*, 2011).

En general, los principales elementos de un sistema de cuenca de antepaís resultan del espacio de acomodación generado por la respuesta flexural de la corteza a partir de la carga tectónica de la faja plegada y corrida. Esto lleva a la formación de cuatro depocentros distintivos: *wedge-top*, *foredeep*, *forebulge* y *backbulge* (DeCelles *et al.*, 2011). En las cuencas de antepaís entre los  $23$  y  $24^\circ$ , donde la complejidad está asociada a una tectónica fragmentada, la estructuración en bloques genera cuencas parcial o totalmente aisladas con una evolución diacrónica, vinculadas estrechamente con los episodios de deformación (Strecker *et al.*, 2011). Este contexto configura el desarrollo de una gran variabilidad ambiental en el relleno y su preservación. En el caso del Noroeste argentino se suma una complicación adicional que es el intervalo sin volcanismo presente durante las primeras fases de evolución de los Andes, que configura un panorama complejo a la hora de ajustar temporalmente los depósitos con los eventos de deformación.

Por lo tanto, la paleogeografía pre-andina del noroeste de Argentina ha dejado una impronta en la manera que se manifiesta el acortamiento cenozoico, lo que resulta en una amplia zona de deformación sin un frente orogénico tectónicamente activo bien definido, y un crecimiento lateral no sistemático (Allmendinger *et al.*, 1983; Coutand *et al.*, 2001; Hongn *et al.*, 2011; Galli *et al.*, 2017). El antepaís fragmentado constituye en Argentina una provincia morfotectónica con elevaciones de rango espacial y temporalmente dispares y cuencas intermedias, un entorno similar a las cuencas adyacentes hidrológicamente aisladas de la Altiplano-Puna en el interior del orógeno.

El objetivo general de esta tesis es establecer un ajuste en la estratigrafía de los depósitos cenozoicos y analizar la evolución de la cuenca de antepaís de Tres Cruces, en Cordillera Oriental, como así también acotar temporalmente los episodios tectónicos acaecidos durante su génesis, en el marco de un contexto regional de evolución de los Andes Centrales, brindando así nuevos elementos para la comprensión de la evolución de la cuenca de antepaís en las áreas de estudio. Un punto de especial atención de este trabajo se centra en el análisis de los procesos tectónicos que habrían condicionado el desarrollo de la zona de mayor subsidencia de la cuenca de Tres Cruces (Jujuy).

Para concretar el mencionado objetivo general, se abordaron los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar los depósitos del Cenozoico, en la región comprendida entre 23°00' a 23°23' S y 65°42' a 65°27' W en la Cuenca de Tres Cruces con el objeto de caracterizar sus facies, ajustar la estratigrafía e investigar las manifestaciones piroclásticas distales y su relación con distintos eventos del arco magmático.
- Determinar espesores, analizar las facies sedimentarias, la arquitectura fluvial presente en cada caso, con la finalidad de brindar datos del paleoambiente de sedimentación. Para ello se relevaron perfiles estratigráficos y sedimentológicos, y se realizó un análisis estratigráfico secuencial.
- Analizar la procedencia de los depósitos Cenozoicos (formaciones Casa Grande, Río Grande y Pisungo). A tal fin se realizó la recolección y estudio petrológico de areniscas y conteo de clastos de conglomerados.
- El estudio y análisis de líneas sísmicas y su correlación y ajuste temporal con perfiles de superficie seleccionados con el fin de analizar la arquitectura y evolución de la cuenca.
- Ajustar los datos estratigráficos, sedimentológicos y estructurales obtenidos, junto a los datos de sísmica, a los fines de la correlación y comprensión de la evolución de la cuenca de antepaís en la región, con el objeto de establecer un marco tectónico y eventos deformacionales, determinar áreas de proveniencia, direcciones de transporte y su vinculación con el arco volcánico.



## CAPÍTULO 2



ANTECEDENTES

## CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES

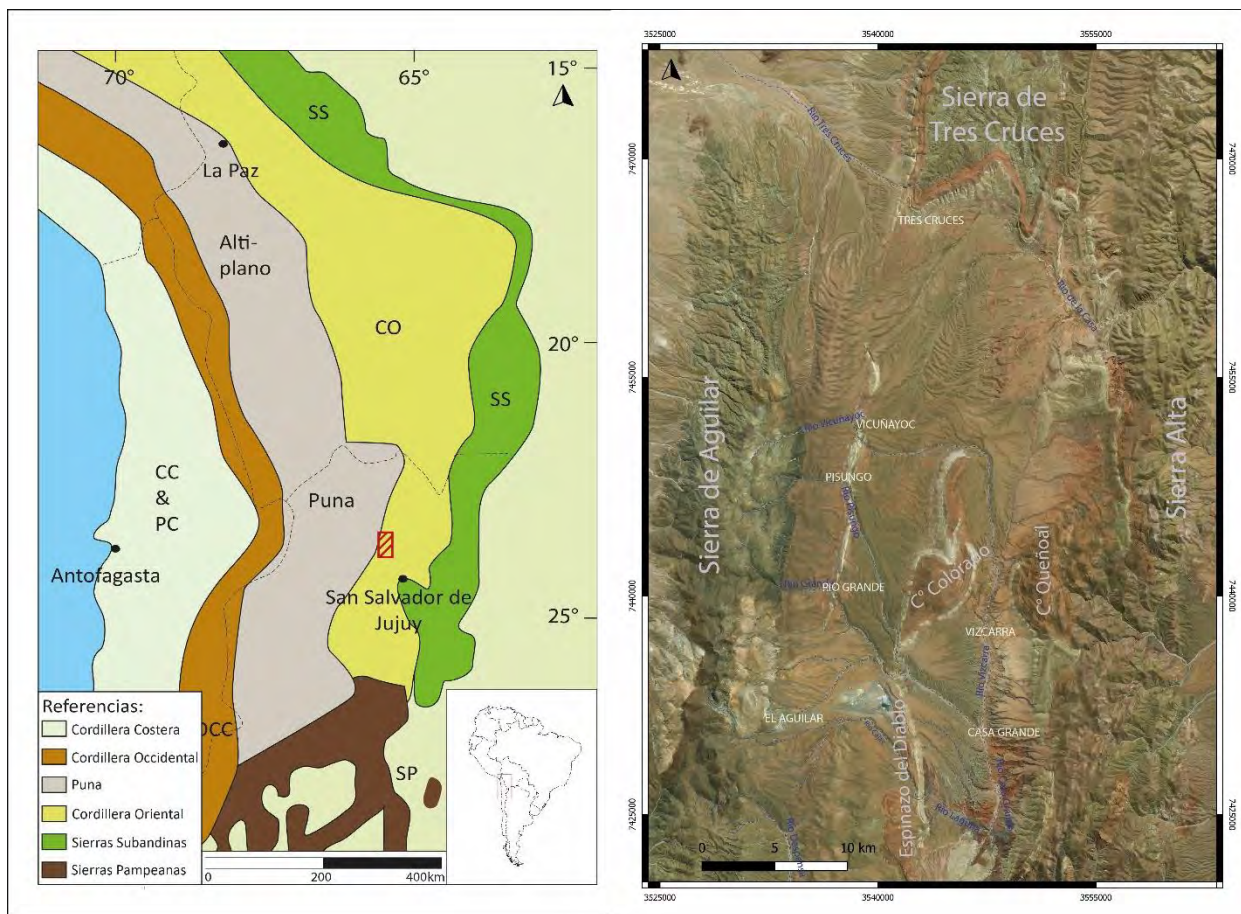
### Marco Geológico

La cuenca de Tres Cruces está situada en el borde occidental de la Cordillera Oriental (Turner, 1972), adyacente a la altiplanicie de la Puna, ubicada en la provincia de Jujuy, República Argentina, en el continente sudamericano (Figura 2.1). La fisiografía está caracterizada por un ambiente de transición entre la meseta de la Puna y la llanura chaco-salteña, con el desarrollo de cordones montañosos que limitan una depresión central con desarrollo Norte – Sur limitada por las sierras del Mal Paso al Este y Aguilar al Oeste, con una altura media de 3600 m y picos de 5000 m. La configuración tectónica genera que la depresión central se divida en dos grandes depocentros anticlinales separados por los cerros Colorado, Queñoal, Coraya y Espinazo del Diablo, con una geomorfología marcada por el desarrollo de abanicos colgados, con distintas superficies de peneplanización, vinculados con un marcado rejuvenecimiento dinámico asociado a movimientos tectónicos locales. Esta configuración genera una red hidrografía donde coexisten sistemas centrípetos desarrollados en la zona sudoeste, constituido por los ríos Despensa, de la Casa y Grande (este último colector de la cuenca de Guayatayoc); y un sistema de desagüe centrífugo desarrollado en el sector noroccidental y este, donde los cursos más importantes (ríos Vicuña, Pisungo, Grande, Vizcarra, Cajas y Casa Grande) constituyen las nacientes del Río Yacoraite que desemboca en el Río Grande de Jujuy (Figura 2.1), (Méndez, 1973). Dentro de esta geomorfología se encuentran las poblaciones de Tres Cruces, Aguilar y las comunidades de Río Grande, Cerro Colorado y Casa Grande, siendo su principal actividad la minería asociada a la empresa Minera Aguilar y el pastoreo de cabras, ovejas y llamas.

Diferentes geólogos han volcado su interés en el área, pudiendo citarse como pioneros los trabajos de Brackebusch (1883) y Bonarelli (1921) con un interés petrolero de la región, a Hausen (1925) con un primer perfil geológico del borde oriental de la Puna y la descripción de algunos yacimientos minerales y a Turner (1958, 1964, 1970 y 1972), con el desarrollo de la estratigrafía de la Cordillera Oriental y su margen con la Puna, centrándose en la estratigrafía del Grupo Salta, entre otros. Si bien es una cuenca muy conocida desde el punto de vista del interés por la explotación minera de la Sierra de Aguilar y por el interés petrolero, pocos registros hay del estudio de los depósitos cenozoicos. Schlagintweit (1938) realiza observaciones estratigráficas reconociendo depósitos por encima del relleno de rift del Grupo Salta, vinculándolos con el Grupo Chaco. Sin embargo, recién Fernández *et al.* (1973)



definen y caracterizan los afloramientos cenozoicos de la cuenca de Tres Cruces en tres unidades: Casa Grande, Río Grande y Pisungo; dándoles connotaciones genéticas y ambientales propias.



**Figura 2.1:** Ubicación del área de estudio dentro de los Andes Centrales.

La Cordillera de los Andes se extiende más de 8000km a lo largo del margen Oeste de América de Sur siendo la cadena montañosa subaérea más larga de la Tierra. Desde que se postuló la tectónica de placas, los Andes han sido citados como un producto típico de un margen continental activo entre una placa oceánica y una continental (Dewey y Bird, 1970). La variación en los vectores de movimiento y en el ángulo con el cual subducta la placa, permite diferenciar tres sectores con diferentes comportamientos: los Andes Septentrionales, los Andes Centrales, y los Andes Australes (Gansser, 1973; Auboin *et al.*, 1973; Zeil, 1979; Thorpe, 1984; Mpodozis y Ramos, 1989; Kley *et al.*, 1999).

Los Andes Centrales se ubican entre los 15° y 30° de latitud sur. Es la única plataforma orogénica (altiplano de gran engrosamiento y acortamiento cortical) del planeta formada en un ambiente no-colisional (Barnes y Ehlers, 2009). Los últimos estudios indican que comenzaron a desarrollarse desde los 100 Ma (Arriagada *et al.*, 2006; Bascuñán *et al.*, 2016; López C. *et al.*, 2019; Martínez F. *et al.*, 2018), como

producto de engrosamiento cortical y magmatismo, en respuesta a la subducción de la placa oceánica de Nazca por debajo de la placa continental de América del Sur, comenzando su levantamiento desde los 130-124 Ma en la Patagonia y creciendo progresivamente hacia el norte, alcanzando su longitud actual a los 90-70 Ma. (Gianni *et al.*, 2020).

La orogénesis andina en los andes centrales se expresó con la construcción de diferentes unidades morfo estructurales, las cuales a la latitud estudiada pueden ser identificadas de Oeste a Este como: Cordillera Costera y Precordillera, Cordillera Occidental, Puna, Cordillera Oriental, Sierras Subandinas (Figura 2.1). La provincia geológica de Cordillera Oriental presenta una orientación submeridiana y es uno de los principales rasgos geológicos a gran escala en el noroeste de Argentina, entre ellos: las estructuras que marcan contactos regionales entre dominios de basamento (González Bonorino, 1950; Braccacini, 1960; Salfity *et al.* 1975; Willner *et al.* 1987; Mon y Hongn, 1991; Bahlburg y Hervé 1997; Ramos, 2008), los arcos magmáticos desarrollados a partir del Paleozoico (Méndez *et al.* 1973; Coira *et al.* 1982; Palma *et al.* 1986; Trumbull *et al.* 2006), la distribución y evolución de las cuencas (Boll y Hernández, 1986; Vergani y Starck, 1989; Salfity y Marquillas, 1994) como otras características que brindaron las bases para las propuestas de provincias geológicas o morfoestructurales que naturalmente definen regiones alargadas de acuerdo con el rumbo de la cadena andina (Turner, 1979; Caminos, 1999; Hongn *et al.* 2010).

La zona de la Cuenca de Tres Cruces, se caracteriza por la existencia de un basamento precámbrico-paleozoico deformado por los ciclos orogénicos Pampeano y Famatiniano; y depósitos discordantes del Mesozoico y Cenozoico. Los rasgos estructurales del basamento neoproterozoico-paleozoico inferior (Cámbrico- Ordovícico) del noroeste argentino han controlado en diferentes grados el desarrollo de las estructuras posteriores, principalmente las vinculadas con la extensión cretácica y el acortamiento andino. La inversión tectónica de fallas normales relacionadas con el *rift* cretácico ha sido frecuentemente invocada entre los mecanismos que influyen en la definición de las zonas de doble vergencia y retrovergenza que muestra el orógeno andino en el noroeste argentino. La reactivación de las estructuras y heterogeneidades originadas durante la evolución neoproterozoico-paleozoica del basamento controlaron el desarrollo de las estructuras cenozoicas en la Puna. La reactivación de las heterogeneidades no sólo influyó en los cambios de orientación y vergencia, sino también en la distribución temporal compleja que muestra el acortamiento andino. La reactivación múltiple de algunas estructuras del basamento neoproterozoico-paleozoico inferior ocurrió en diferentes etapas de su historia incluyendo inversiones positivas y negativas entre el Cretácico y el Cuaternario (Allmendinger *et al.*, 1983; Hong *et al.*, 2011).



En base a discordancias de primer orden y datos paleontológicos, diversos autores postulan que durante el Eoceno medio los Andes Centrales registra las primeras etapas evolutivas, en el borde oeste de Cordillera Oriental. Los depósitos sinorogénicos de la Formación Los Colorados (Valle Calchaquí) y su equivalente temporal en la zona de estudio, la Formación Casa Grande, se disponen discordantemente (paraconformidad) al Grupo Salta (Mon *et al.*, 1996) y también presenta estratos de crecimiento (Monaldi *et al.*, 1993; Coutand *et al.*, 2001; Hongn *et al.*, 2007). Por lo tanto, la deformación del Eoceno en el noroeste argentino, podría definir un cinturón de empuje a lo largo de la transición Cordillera Oriental-Puna (Hongn *et al.* 2007). Este cinturón de deformación del Eoceno esboza la heterogeneidad mecánica relacionada con el borde de la cuenca del cretácico, que se invirtió tectónicamente durante la orogenia andina (Grier *et al.*, 1991; Allmendinger *et al.*, 1997; Ganghi, 1998; Deeken *et al.*, 2006).

Jordan y Alonso (1987) y Carrapa y DeCelles (2006) propusieron que la Formación Geste (Puna meridional) se depositara durante el Eoceno, con un aporte de sedimentos ubicado principalmente al oeste. Según Hongn *et al.* (2007) proponen que la Formación Geste, Formación Los Colorados, Formación Casa Grande y la sección superior de las Formaciones de Lumbrera representan el relleno de una cuenca o subcuencas tectónicamente activas y geográficamente complejas, durante la deformación del Eoceno, que se extiende a través de la Puna y la Cordillera Oriental. El acortamiento del Eoceno es suficiente para definir el Proto-Cordillera Oriental del Eoceno medio propuesto por Coutand *et al.* (2001) para el Eoceno superior-Oligoceno inferior.

La cuenca de Tres Cruces tiene un origen que se refiere al Eoceno, probablemente como parte de una cuenca de antepaís mucho más grande, que posteriormente evolucionó como una cuenca intermontana a partir de una estructuración en bloques, siendo su relleno sedimentos clásticos sintectónicos con más de 5000m de espesor. Presenta un estilo estructural típico de cinturón de empuje (*thrust belt*), con pliegues subparalelos y escamas de empuje imbricadas preferentemente ONO-ESE y separados por amplias depresiones sinclinales. Uno de los aspectos más manifiestos es la heterogeneidad en los mecanismos de deformación a lo largo del borde oriental de la Puna; característica que está estrechamente relacionadas con el borde de cuenca del *rift* cretácico, que incluye las cuencas intermontanas que controlaban la deposición sinorogénica en la cuenca de Humahuaca, Casa Grande, Tres Cruces y Guayatayoc - Salinas Grandes (Jordan y Alonso, 1987; Coutand *et al.*, 2001).

Las acumulaciones mesozoicas del Grupo Salta se alinean a lo largo de corredores encuadrados por fallas submeridianas y constituyen los depósitos sintectónicos de la extensión cretácica. La sucesión cenozoica (formaciones Casa Grande, Río Grande y Pisungo) representa, según Coira *et al.* (1982), el

relleno sinorogénico de la antefosa frontal del antepaís vinculado con la compresión andina. Los depósitos sinorogénicos de la Formación Maimará y Formación Uquía (Cenozoico tardío), al este de la zona de estudio, se habrían acumulado en cuencas de "*piggy back*" (Rohrmann *et al.*, 2016; Rahl *et al.*, 2018).

Boll y Hernández (1986) a partir de información geológica de superficie, sísmica y sondeos, proponen un esquema estructural y un modelo de evolución tectónica para la cuenca de Tres Cruces. Estos autores diferencian tres pisos estructurales limitados por discordancias angulares: sedimentitas del Precámbrico, sedimentitas eopaleozoicas y sedimentitas cretácico-terciarias. Proponen, para la zona de estudio, que la columna del Cenozoico Andino, está compuesta por depósitos del Grupo Orán (Russo 1975; Eoceno medio - Mioceno Superior), integrado por las formaciones Casa Grande, Río Grande, Pisungo, Sijes (Turner 1961) y Pan de Azúcar, registrando en los ejes de los sinclinales más de 5000 m de espesor.

Gangui (1998) realiza un trabajo en la región de la Puna norte y la Cordillera Oriental en base a interpretación sísmica, concluyendo que este borde fue afectado por esfuerzos compresivos durante el Oligoceno superior hasta el Mioceno superior. Propone que este acortamiento fue transmitido hacia el antepaís a partir de corrimientos con vergencia oriental que despegaron desde una superficie de despegue regional localizada entre 10 a 15 km de profundidad. En la región de Tres Cruces durante el eoceno oligoceno propone que algunas fallas del rift fueron invertidas

Coutant *et al.* (2001) realizan un estudio integrado del acortamiento andino y su evolución en base a datos de campo, imágenes satelitales, secciones transversales balanceadas, datos de reflexión sísmica, análisis cinemático de fallas, anisotropía de susceptibilidad magnética (AMS), datos paleomagnéticos y datos de trazas de fisión en apatita. Mediante el análisis cinemático de los datos de desplazamiento de fallas cenozoicas, obtienen las principales direcciones de la tasa de deformación en toda la Puna. Los ejes de acortamiento son subhorizontales y su tendencia es en promedio ONO-ESE, los ejes de estiramiento son subverticales y los ejes intermedios son subhorizontales y su tendencia en promedio NNE-SSO. Los elipsoides de deformación son predominantemente del tipo de deformación plana, y representan empuje por deslizamiento. A partir de la historia de acumulación y levantamiento, el acortamiento andino habría alcanzado la parte noreste de la Puna a finales del Eoceno y la Cordillera Oriental adyacente a finales del Eoceno o principios del Oligoceno. En la parte oriental del orógeno, el inicio del acortamiento probablemente fue guiado por estructuras preexistentes paleozoicas y mesozoicas, de modo que la deformación andina se propagó de manera desigual hacia el este.

Monaldi *et al.* (2007 y 2008) analizan, en base a datos de subsuelo y superficie de la cuenca de Tres Cruces, las estructuras del rift del Grupo Salta preservadas, con débil inversión u oblicuas a las

anteriores y las estructuras reactivadas. Concluyen que el rift cretácico fue configurado por fallas directas longitudinales de rumbo predominante N a NNE, que interactuaron con fallas directas transversales (ONO a ENE).

DeCelles *et al.* (2011) propone la formación y migración de un antepaís regional a partir del Cenozoico originado en Chile y expandido hacia el Este a través de los últimos ~60 Ma. Resultados de los modelos sísmicos del Guayatayoc-Salinas Grandes, en el borde de la Puna entre las latitudes 23° y 23,8° S, representan una confirmación más de que la deformación andina comenzó en el Eoceno con el desarrollo de cuencas intermontanas. La cuenca de Guayatayoc-Salinas Grandes estuvo controlada por la heterogeneidad preexistente del basamento y la influencia del comportamiento mecánico del borde de la cuenca de *rift* del Cretácico-Paleógeno Grupo Salta (López Steinmetz, 2013, 2015).

Del Papa *et al.* (2017) y Montero López *et al.* (2018) realizan un análisis tectono-sedimentario del paleógeno de la cuenca de Casa Grande, en la zona de transición actual entre el sector norte de la Puna y la parte norte de la Cordillera Oriental. Realizaron un mapeo de las estructuras sinsedimentarias presentes en el inicio de la deformación andina durante el Eoceno medio, revelando la reactivación de las estructuras extensionales del Cretácico. Este estudio concuerda con los registros de otras zonas del sur de la Puna y la Cordillera Oriental. Estas observaciones indican la existencia de una cuenca de antepaís fragmentado en el Eoceno.

Luna *et al.* (2019) realizaron un estudio estructural en la localidad de Tres Cruces, en las calizas de Formación Yacoraite, e identificaron cinco conjuntos de fracturas con orientación NO-SE, NE-SO, ENE-OSO, ONO-ESE y N-S a NNO-SSE. Postulan que probablemente los primeros cuatro sean de plegado previo, mientras que el último lo clasifican como *synfolding*.

### Estratigrafía de la cuenca de Tres Cruces

La región estudiada registra una historia geológica extensa, constituido por la Formación Puncoviscana (Neoproterozoico – Cámbrico Inferior) con sedimentitas marinas de fuertemente plegadas, ligeramente metamorizadas e intruidas por granitos en el Cámbrico Inferior, la cual no se encuentra aflorando en el área de Tres Cruces (Boll y Hernández, 1986). En relación de discordancia angular se dispone el Grupo Mesón (Cámbrico medio a superior; Turner, 1960), representado por cuarcitas y areniscas marinas presentes en el sector Sur de la cuenca, en la Sierra de Cajas, las que a su vez están separadas por una discordancia regional de lutitas y areniscas marinas del Grupo Santa Victoria (Cámbrico Superior – Ordovícico Inferior, principal roca aflorante en las Sierras de Aguilar, Tres Cruces y Mal Paso

**Figura 2.2:** Columna Estratigráfica del área de Tres Cruces (*Modificada de Boll y Hernandez, 1986*) y mapa del área de estudio.

Los depósitos del Grupo Salta (Turner 1959) se encuentran en la Cordillera Oriental y Sistema de Santa Bárbara acumulados en tres subcuencas: Metán, Alemania, Pucará-Brealito (sur) y Tres Cruces (norte). Están compuestos por un conjunto de sedimentitas predominantemente clásticas con carbonatos y evaporitas subordinadas, acumulados en diversos ambientes sedimentarios desde abanicos aluviales, ríos y planicies entrelazados, ríos arenosos efímeros, eólicos, barreales, barreales salinos, lacustres con influencia marina esporádica hasta marino somero, que pueden alcanzar los 5.000 m de espesor (Salfity

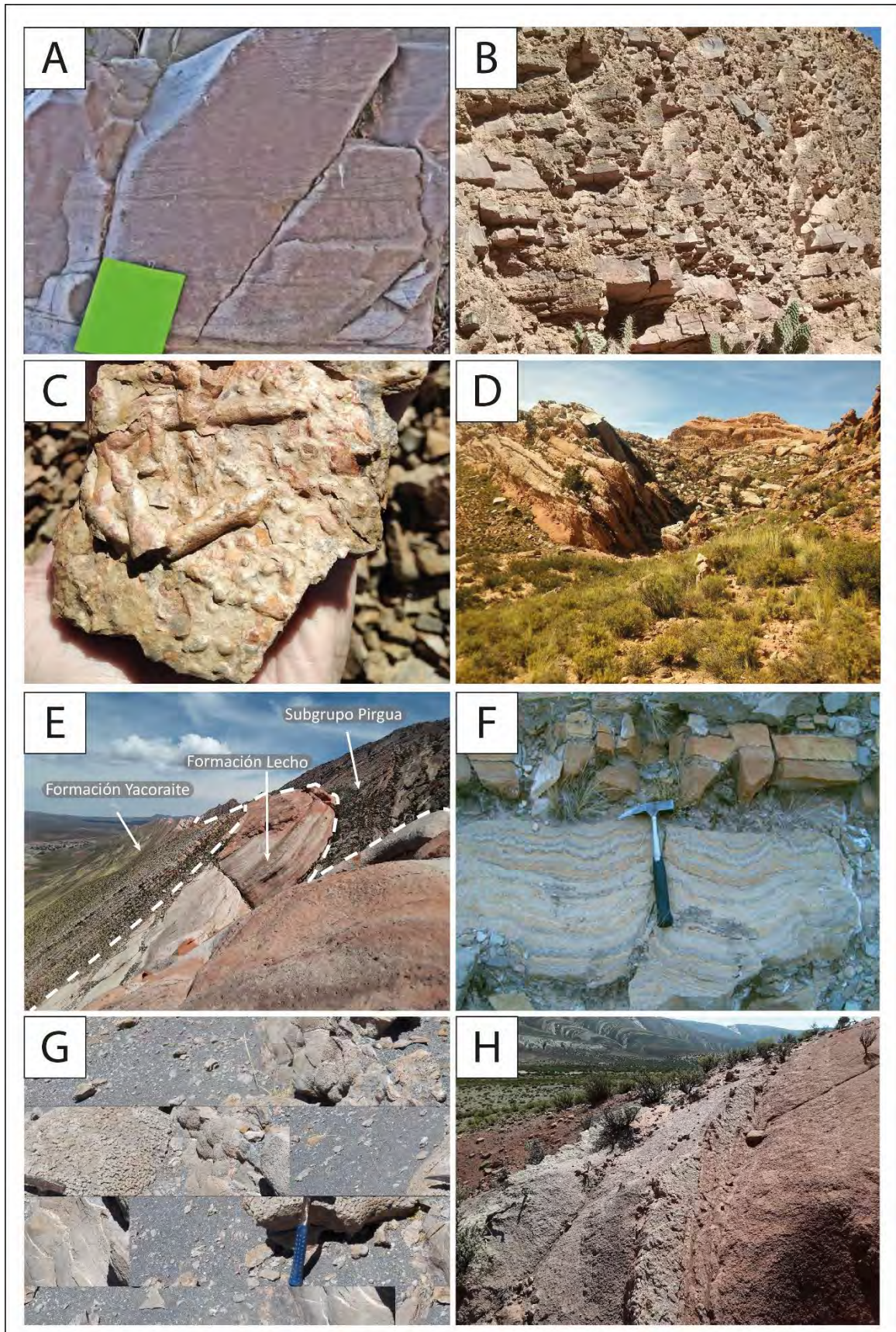
y Marquillas 1994; Marquillas *et al.* 2005). Su desarrollo está íntimamente relacionado con una cuenca de rift intracontinental asociada al desmembramiento de Gondwana, al este del límite entre la placa Sudamericana y la placa Pacífica, distante 300km del arco volcánico cretácico (Hartley *et al.*, 1988). Está integrado por tres subgrupos: Pirgua (Reyes y Salfity, 1973), Balbuena y Santa Bárbara (Moreno, 1970). El Subgrupo Pirgua representa el relleno de la etapa *sinrift* y los subgrupos Balbuena y Santa Bárbara el relleno de las etapas *postrift* temprano y tardío, respectivamente (Salfity y Marquillas, 1994; Marquillas *et al.*, 2005). El Grupo Salta yace en discordancia angular sobre el basamento paleozoico.

En una etapa de *prerift*, se produjo la intrusión de varios plutones anorogénicos alcalinos y subalcalinos (Halpern y Latorre, 1973; Viramonte *et al.*, 1999; Rubiolo, 1999; Cristiani *et al.*, 1999; Menegatti, 2001) la mayoría aflorando en posiciones marginales al rift y solo dos (Abra Laite y Aguilar) ubicados dentro del rift. En todos los casos, la roca hospedante es el pre-*rift* paleozoico.

El Subgrupo Pirgua corresponde a una unidad sedimentaria de *sinrift* formada durante la apertura del rift de Salta y consiste principalmente en depósitos de abanicos aluviales y fluviales formados por brechas, conglomerados, areniscas y pelitas. Su espesor y litología está fuertemente relacionada con la estructuración en bloques de la cuenca en formación (Reyes y Salfity 1973).

La secuencia de *post rift* está constituida por los subgrupos Balbuena y Santa Bárbara y representan el periodo de tiempo entre el Maastrichtiano y el Eoceno Inferior. Presentan una extensión mayor que el Subgrupo Pirgua, cubriendo rocas del basamento de los márgenes de la cuenca. El Subgrupo Balbuena comprende areniscas maduras, carbonatos lacustres a marinos de ambiente restringido y evaporitas en algunos casos (Salfity y Marquillas, 1981). Contiene la Formación Yacoraite, principal roca generadora de hidrocarburos y fuente de prospección por YPF en los años '80, compuesta por limolitas verdosas muy resistentes las cuales son útiles como un marcador tanto en líneas sísmicas como en el campo. Por su parte, el subgrupo Santa Bárbara se presenta extensamente por encima de la Formación Yacoraite y del basamento. Está compuesto mayormente por pelitas rojizas y purpuras con intercalaciones menores de limos y areniscas. Hay un gran consenso que ambos subgrupos representan un estadio de subsidencia termal dentro del post rift (Bianucci *et al.*, 1982; Bianucci, 1999; Cominguez y Ramos, 1994; Gomez Omil y Albarino, 1996; Salfity y Marquillas, 1994; Welsink *et al.*, 1995).







**Figura 2.3:** Afloramientos de las unidades pre-orogenia andina. (A) Cuarcita del Grupo Mesón (B) Grupo Santa Victoria. (C) Vista en detalle de trazas fósiles en metapelita del Grupo Santa Victoria (D) Vista de afloramientos del Subgrupo Pirgua. (E) Vista panorámica de la Sierra de los Gigantes con afloramientos del Subgrupo Pirgua, la Formación Lecho y la Formación Yacoraite. (F) Vista en corte de un estromatolito de la Formación Yacoraite. (G) Diversas vistas de estromatolitos en la Formación Maiz Gordo. (H) Vista de los afloramientos de la Formación Lumbrera.

Los depósitos del Cenozoico de la cuenca de antepaís de Tres Cruces, yacen en forma discordante con baja angularidad a paraconcordante sobre diferentes niveles de la Formación Lumbrera (Villalba Ulberich, 2018). Está compuesta por cuerpos lentiformes a tabulares de areniscas rojo ladrillo, finas a gruesas, que se intercalan en potentes sucesiones de areniscas finas y pelitas de color pardo rojizo. Está representada por depósitos fluviales meandrosos, con un marcado cambio de espesor en la cuenca (254 m en el valle de Casa Grande y 210 m en el río Grande). Tiene una edad definida por un mamífero fósil de la familia de los Leontiniidae (*Martinimiguella fendandezii*) vinculado a una edad Mustersense de Sudamérica (Bond y López, 1995), sumada a la presencia de un fósil asociado a los Dasypodidae descrito por Herrera *et al.* (2012) que vinculan la Formación al Eoceno Medio. A su vez, una revisión de la sistemática de los leontínidos propone que esta unidad es equivalente a la Formación Quebrada de los Colorados (Deraco *et al.* 2008, 2013), definida en Valles Calchaquíes, la cual está datada en  $37,6 \pm 1,2$  Ma (Carrapa *et al.*, 2011).

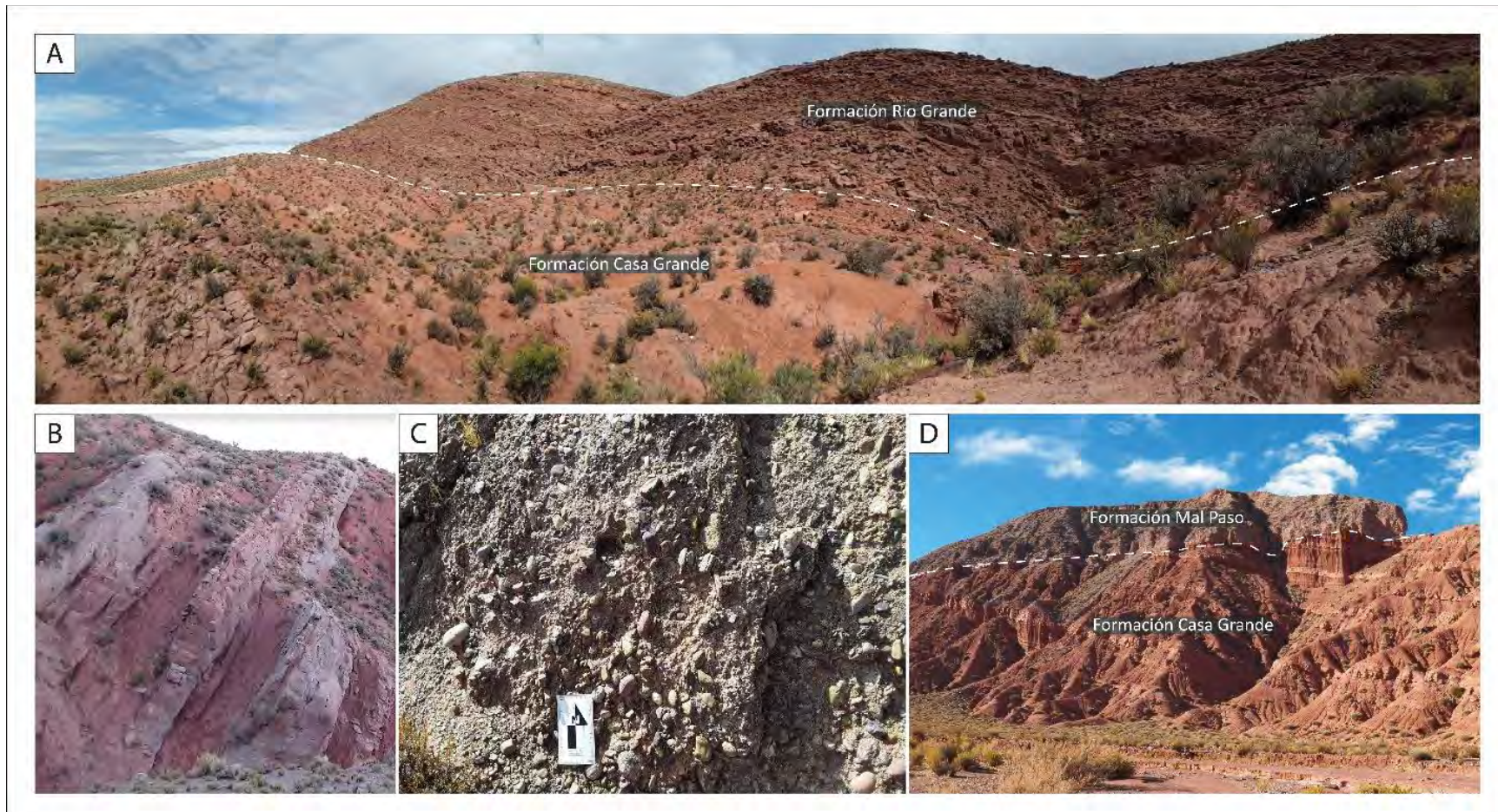
La Formación Rio Grande (Pascual *et al.*, 1978), en paraconformidad sobre la Casa Grande (Galli *et al.*, 2016, 2017), está caracterizada por una espesa sucesión de conglomerados, areniscas y escasos niveles pelíticos de ambiente fluvial entrelazado distal hasta entrelazado proximal (Rosario *et al.*, 2008). Sicks y Horton (2011) dividen la unidad en dos, Rio Grande Inferior y Superior en función a las variaciones en procedencia y tasas de sedimentación. Rosario *et al.* (2008) vinculan su desarrollo para Tres Cruces entre el Oligoceno Superior y el Mioceno, mientras que Sicks y Horton (2011) a partir de dataciones acotan la porción basal de la formación para el área de Cianzo entre  $16,4 \pm 0,7$  Ma. y  $13,89 \pm 0,42$  Ma. La sección superior de la formación la acotan entre los  $13,89 \pm 0,42$  Ma y  $9,69 \pm 0,04$  Ma.

La Formación Pisungo está compuesta por ortoconglomerado a aglomerado de bloques clasto a matriz soportados con areniscas subordinadas y escasos niveles pelíticos asociados a un ambiente de abanicos aluviales en zonas proximales (Villalba Ulberich, 2019). Su distribución se encuentra muy localizada, vinculada a sinclinales mayores con variaciones de espesor muy notables, alcanzando hasta 2500m (Rosario *et al.*, 2008). Su edad está definida por posición estratigráfica entre los  $9,69 \pm 0,04$  Ma



(Siks y Horton, 2012) del techo de la Formación Rio Grande y  $3,74 \pm 0,4$  Ma (Streit *et al.*, 2014), base de la Formación Mal Paso.

La sedimentación culmina con la Formación Mal Paso (Fernandez *et al.*, 1973), que yace en discordancia angular sobre las formaciones Casa Grande y Rio Grande (Figura 2.4). Está caracterizada por depósitos mayormente fluviales asociados a abanicos con algún depósito lacustre subordinado, con un espesor máximo de 120m para el área de Casa Grande, depositado entre los 3,8 y 0,8 Ma (Streit *et al.*, 2015).



**Figura 2.4.** Afloramientos de los depósitos vinculados con la orogenia andina. (A) Vista de la Formación Casa Grande y Rio Grande. (B) Formación Casa Grande. (C) Formación Pisungo. (D) Vista de la Formación Mal Paso en discordancia angular sobre la Formación Casa Grande.

## Contexto tectónico

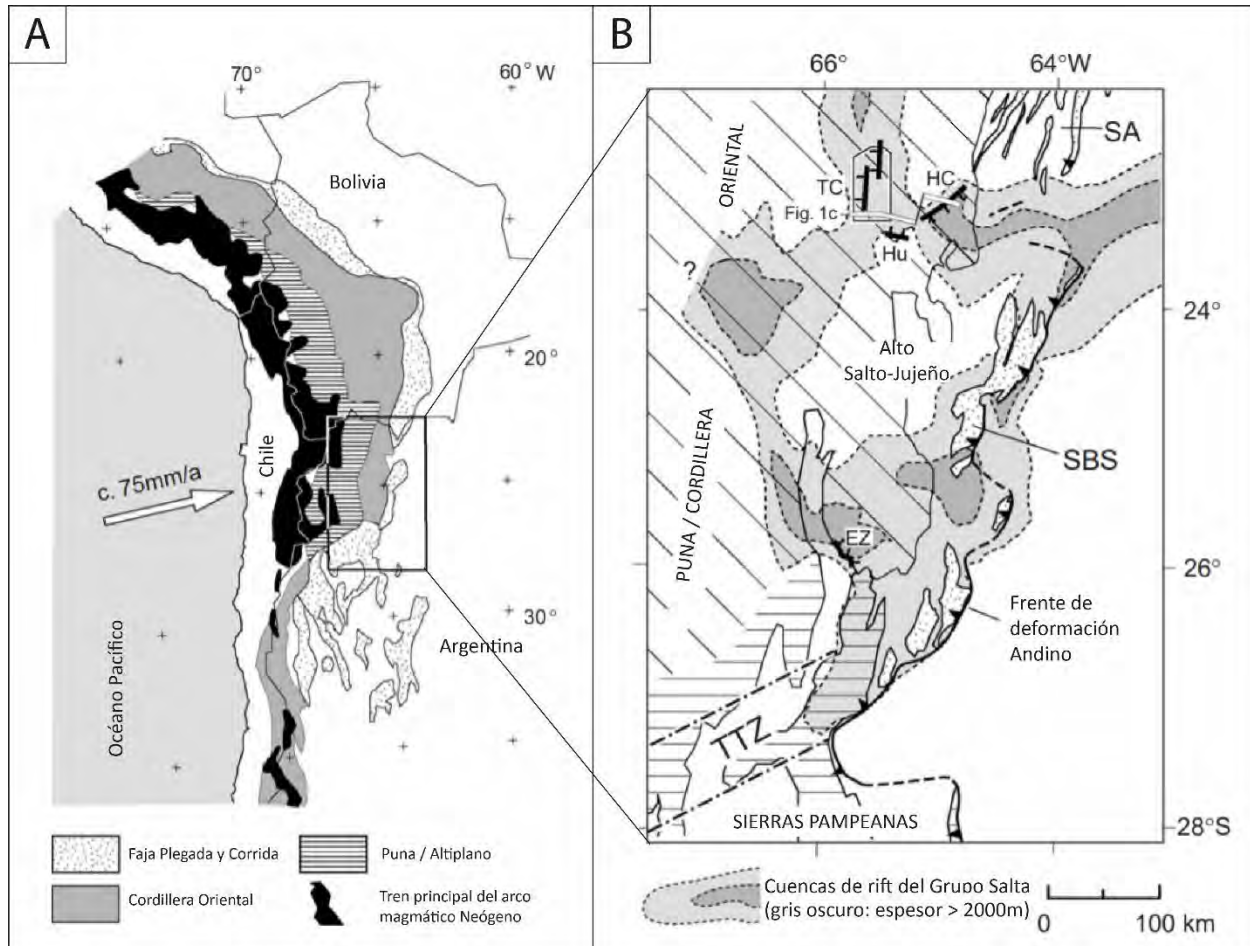
El área de estudio se encuentra ubicada en el borde occidental de la Cordillera Oriental y en el límite oriental de la Puna. Estas dos provincias geológicas sumadas a las Sierras Subandinas pertenecen a la faja plegada y corrida del orógeno andino y representan una zona de transporte de la deformación hacia el Este (Seggiaro *et al.*, 2008).

Previo al régimen andino, el norte argentino junto con regiones vecinas de Paraguay, Bolivia y Chile estuvieron sometidas a un régimen tectónico extensional entre el Cretácico Inferior, asociado tanto a la apertura del Océano Atlántico Sur, como a la extensión de retroarco del margen convergente de la placa sudamericana (Coira *et al.*, 1982; Uliana y Biddle, 1988; Tankard *et al.*, 1995; Milani y Thomaz Filho, 2000; Ramos y Aleman, 2000). Las cuencas generadas durante este régimen en el noroeste argentino constituyeron un sistema de rift intracontinental, denominado Sistema de Rift de Salta (Reyes y Salfity, 1973; Bianucci y Homoc, 1982; Galliski y Viramonte, 1988; Gomez Omil *et al.*, 1989; Salfity y Marquillas, 1994; Kress, 1995; Bianucci, 1999; Viramonte *et al.*, 1999; Sabino García, 2002; Marquillas *et al.*, 2005). El diseño que la misma presenta en nuestro país conforma un arreglo en “Y” donde la rama sur involucra al depocentro de Metán – Alemania, (terminación austral del sistema distensivo), la rama noreste a la Subcuenca de Lomas de Olmedo, y la rama norte a la zona de interés, la Subcuenca de Tres Cruces, directamente conectada con la cuenca Andina Boliviana. Estas cuencas se encuentran separadas por un alto estructural conocido como la Dorsal Salto – Jujena (Figura 2.5).

La contracción producto de la convergencia de la placa de Nazca sobre la Sudamericana reactivó, al menos parcialmente, antiguas fallas de basamento, las cuales actuaron como un factor principal en el control del estilo y el desarrollo de las estructuras regionales andinas. A diferencia del subandino boliviano que presenta un patrón estable de deformación con una faja plegada y corrida que se puede seguir en dirección meridional por más de 300 km. y que va desapareciendo hacia el este consecuentemente con el alejamiento del frente orogénico (Strecker *et al.*, 2011), la Subcuenca de Tres Cruces posee una compleja estructuración, producto de anisotropías heredadas principalmente del rift cretácico del Grupo Salta y en menor medida de estructuras paleozoicas (Figura 2.6). La superposición de la faja plegada y corrida cenozoica sobre la estructura del rift invertida ha producido un complejo estilo estructural (Boll y Hernández, 1986; Monaldi *et al.*, 2008), siendo una de las expresiones más claras de esta deformación el Cerro Colorado de Tres Cruces, el cual se ha desarrollado en el piso de una importante falla de empuje hacia el este, que se extiende a lo largo del borde occidental de la cuenca intermontana y ha elevado el borde de la Sierra de Aguilar (Coutand *et al.*, 2001). Este modelo de deformación de “antepaís



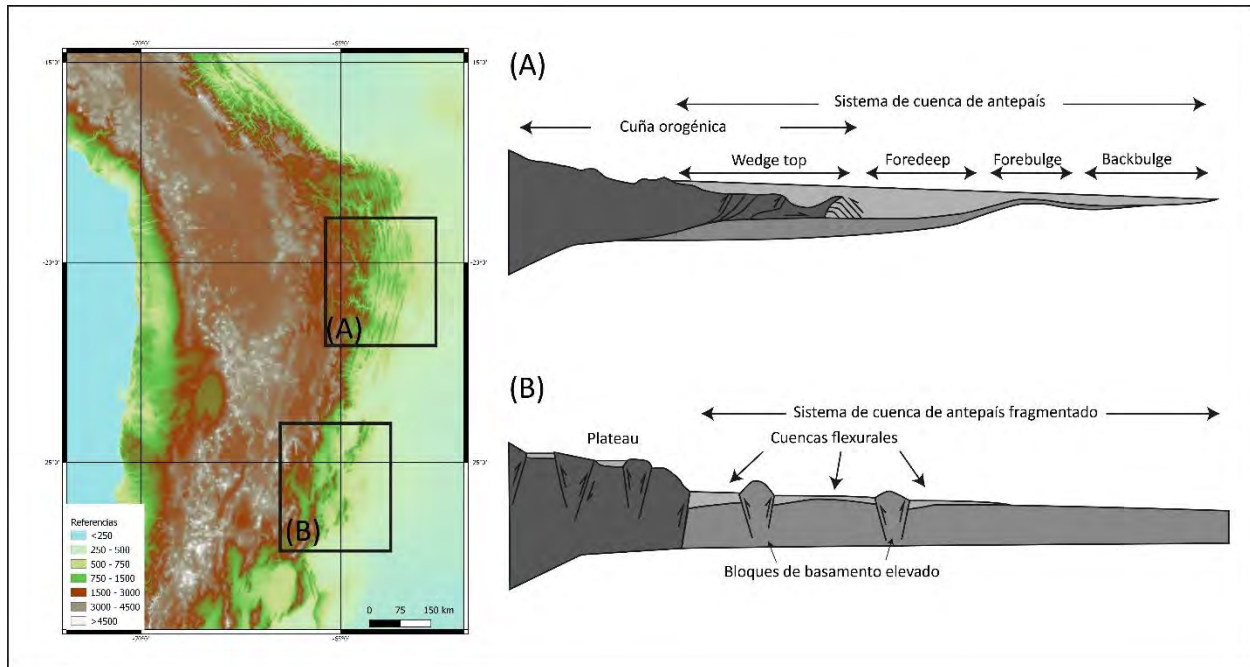
fragmentado" (*broken foreland*) fue propuesto y definido por Ramos (2010). El estilo estructural en estas cuencas fragmentadas es controlado por una serie de factores locales como las zonas de debilidad en la corteza (Kley *et al.* 1999) y el régimen térmico con flujos de calor variables relacionados con los cambios en la posición del arco magmático (Ramos *et al.* 2002). Es común la alternancia de los sectores de piel fina y gruesa, así como la propagación de la deformación hacia el antepaís, en donde se puede fracturar y elevar el basamento (Jordan *et al.* 1983) en regímenes compresivos altos (Ramos, 2010).



**Figura 2.5.** (A) Principales unidades morfoestructurales de los Andes Centrales y la ubicación de la Cuenca del Grupo Salta. La flecha indica la dirección y tasa de convergencia actual de la placa de Nazca sobre la Sudamericana. (B) Principales depocentros del Sistema de *rift* cretácico – paleógeno en el noroeste argentino (después de Salfity y Marquillas, 1994) y su relación con el frente de deformación actual de los Andes. Sierras Subandinas (SA); Sistema de Santa Bárbara (SBS). HC: Hornocal fault; TC: Área de Tres Cruces; Hu: Quebrada de Humahuaca; TTZ: Zona de transferencia de Tucumán. Tomado de Kley y Monaldi (2005).

Si hacemos un análisis a lo ancho de la Cuenca vemos que, en su borde oriental, debido a la inclinación de la faja plegada y corrida y posteriormente erosionada, se han producido afloramientos

excepcionales conservando la estructura extensional al este, incluyendo hemi-grabens, anticlinales *rollover*, y pliegues extensionales de propagación (Monaldi *et al.*, 2008). Diferente a lo que ocurre en el borde occidental, el cual está cubierto en gran parte por depósitos Neógenos. Estas estructuras generan complejidad en la cuenca, con estructuras que se pierden o cambian de vergencia en pocos kilómetros.



**Figura 2.6:** Diferencia entre el estilo estructural al norte y al sur de los 24°S: (A) Modelo de cuenca de antepaís normal descrito por DeCelles *et al.*, 2010) con la cizalla pura como mecanismo principal de deformación. (B) Modelo de cuenca de antepaís fragmentado, con cuencas limitadas por bloques de basamento. *Modificado de Strecker et al.*, 2011.

El marco tectónico evolutivo de la Cuenca de Tres Cruces está caracterizado por una intensa deformación cenozoica polifásica, donde se reconocen tanto una tectónica de lámina delgada como también de lámina gruesa. La magnitud de los corrimientos son importante en algunos casos produciéndose corrimientos de Paleozoico Inferior o Precámbrico sobre niveles cretácicos y terciarios (Hernández *et al.*, 2008). Su evolución comienza con el ciclo Ándico, con la apertura de una depresión sobre la que se depositó un espeso conjunto de depósitos continentales durante el Cretácico Inferior–Eoceno. La Inversión de esta depresión comenzó con los movimientos de la fase Incaica durante el Eoceno Tardío, completándose durante las fases orogénicas Quechua (11–7 Ma / Miocena) y Diaguita (3–2,5 Ma / Plioceno – Pleistoceno). Desde el Oligoceno Superior en adelante, se desarrollaron cuencas continentales y un arco volcánico extensivo mioceno - plioceno originado en el flanco oeste del área de

estudio. Esta cuenca cretácico – cenozoica fue invertida a partir del Paleógeno dando como resultado la configuración que podemos observar hoy en día.



## CAPÍTULO 3



## ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA CUENCA DE TRES CRUCES



## CAPÍTULO 3: ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO DE LA CUENCA DE TRES CRUCES

### Introducción

En el siguiente capítulo se resume la metodología y los resultados del análisis estratigráfico - sedimentológico de la zona de estudio, enfocada en tres sectores de la cuenca, donde se relevaron tres secciones estratigráficas (Figura 3.1). La zona presenta cierta complejidad estructural, para realizar un trabajo detallado desde el punto de vista sedimentológico, dado que hay cabalgamientos de piel fina que generan repetición de los depósitos, incremento de espesor por repetición, deformación y plegamiento intradepósito.

En el sector Oeste se levantó una columna estratigráfica denominada Rio Grande que supera los 1300m de espesor (Figura 3.3). El perfil está afectado en su techo por una falla que pone en contacto los depósitos cenozoicos con un abanico moderno.

El sector Norte presenta una compleja distribución de los sedimentos cenozoicos. Esto conllevó a la integración de varios perfiles sedimentológicos en una única columna representativa del área, denominada columna Tres Cruces Pueblo, con un espesor que supera los 1500 metros. El techo de la sección está cubierto por depósitos modernos (Figura 3.3).

Por último, el Sector Este de la cuenca presenta una complejidad estructural dada por varias escamas de piel fina que generan una repetición de los depósitos cenozoicos y la ausencia de una sección completa, principalmente de la sección basal. Es por ello que se llevó a cabo la misma metodología que para el sector Norte, aunque sin poder contar con un espesor real de toda la secuencia. Está representada por la columna Cruz, la cual comienza por falla sobre la Formación Rio Grande y tiene un espesor que supera los 2200m.

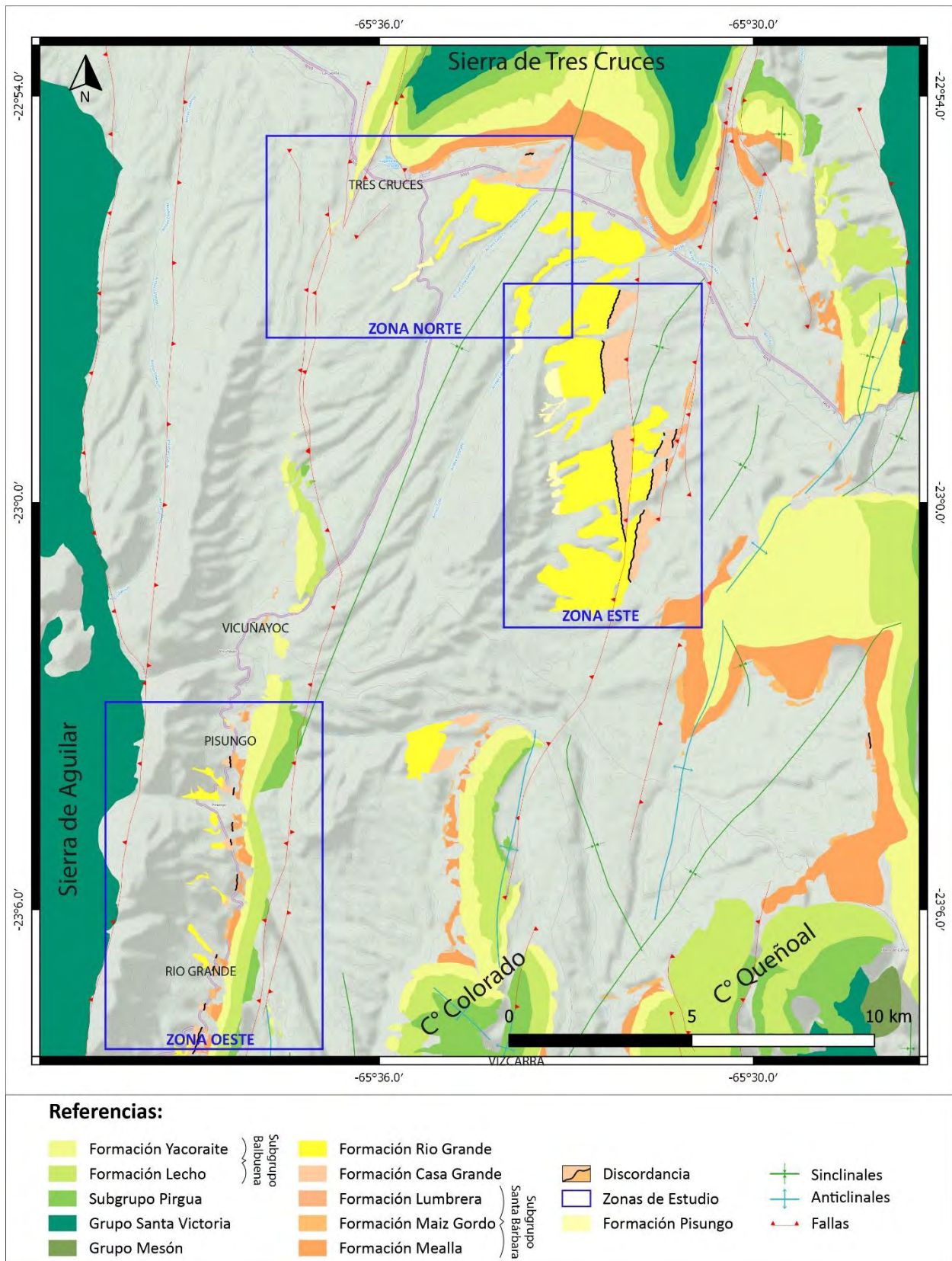


Figura 3.1. Mapa de ubicación con las zonas de estudio.

## Materiales y Métodos

Este estudio está basado en la integración de datos litológicos y sedimentológicos complementados con información bibliográfica, imágenes satelitales y programas informáticos de interpretación (QGIS – Qgis, 2011; STERONET – Allmendinger, 2005; MOVE – Midland Valley, 2017).

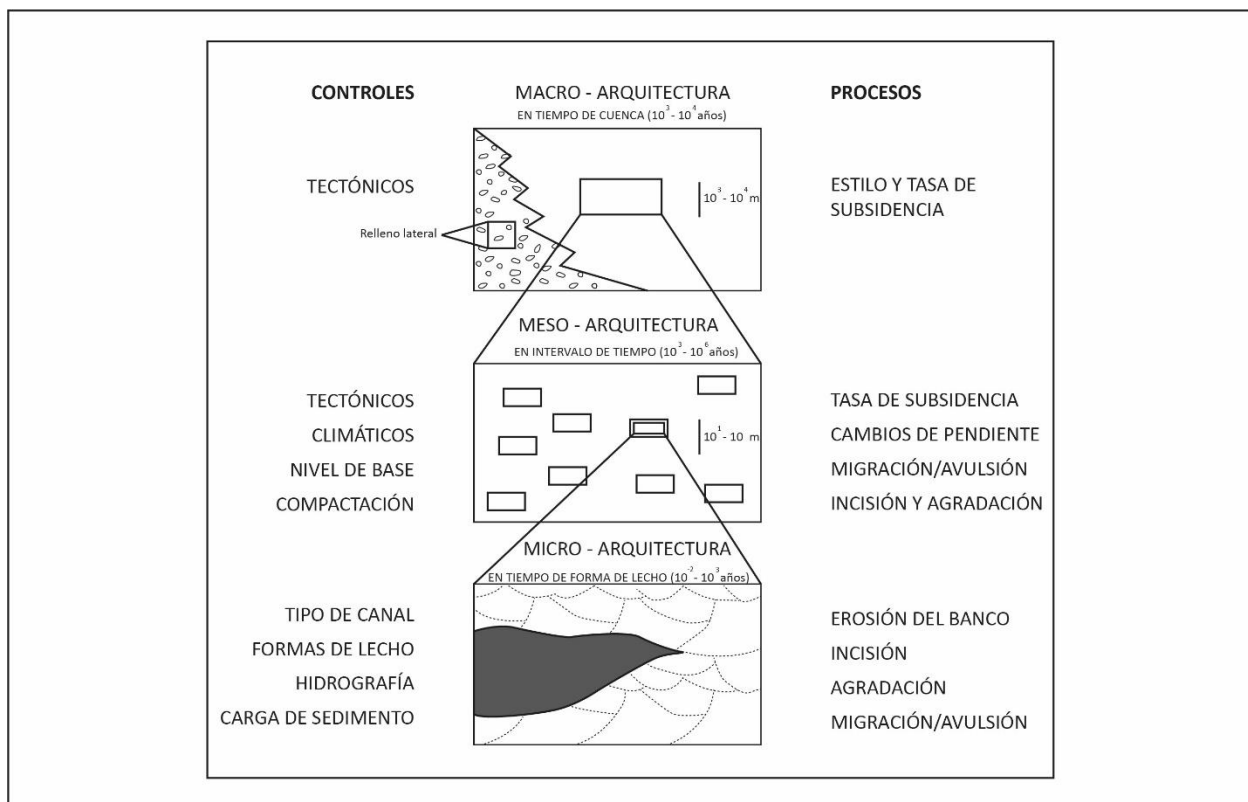
El flujo de trabajo comenzó con la descripción de litofacies según Miall (2006) las cuales combinadas con elementos arquitecturales y formando asociaciones de facies, nos permitió representar estilos fluviales distintivos. A continuación, el eje se centró en los problemas de correlación y en la construcción de marcos de referencia estratigráficos a gran escala, donde se sumaron datos de paleocorriente regional y composición. Estas construcciones a escala de cuenca forman la base para una discusión de causas y procesos, incluidos los procesos autogénicos propios de los sistemas fluviales, de ciclicidad, y los controles sedimentarios alogénicos (tectónicos, eustáticos y climáticos).

Se levantaron secciones sedimentarias basadas en Selley (1996), teniendo en cuenta el tipo de litología, las estructuras sedimentarias primarias, las discontinuidades y su jerarquía, las paleocorrientes y el análisis de composición y proveniencia (Figura 3.3).

### Análisis de facies

El reconocimiento de las litofacies y los elementos arquitecturales, sus características y su relación nos permiten entender la configuración depositacional y los procesos que han influenciado en el desarrollo de los sistemas continentales. Los elementos arquitecturales están definidos en base a las características de las facies identificadas y sus asociaciones en *sets* y *cosets* a diferentes escalas o por grupos de estratos genéticamente relacionados, constituidos por litofacies definidas, y una relación vertical y lateral de cada elemento (Miall, 1985, 1997). En los casos posibles, se identificaron y describieron elementos arquitecturales y fueron interpretados. Para esto, se tuvo en cuenta la escala, los controles y el tiempo (Figura 3.2), representados en la tabla 3.1. Se ha convertido en una verdad geológica que la mayoría de las unidades geológicas se acumulan como resultado de cortos intervalos de sedimentación rápida, separados por largos intervalos de tiempo donde se produce poca o nula sedimentación (Ager, 1993). También es cierto, que las tasas de sedimentación medidas en ambientes modernos o en el registro antiguo varían en proporción a la escala de tiempo en que se midan. Sadler (1981) documentó en detalle y mostró que las tasas de sedimentación varían en once órdenes de magnitud desde  $10^{-4}$  a  $10^7$  m/ka (metros/kilo-año). Esta amplia variación refleja el número y la duración creciente de los intervalos de no depositación o erosión factorizados en las mediciones a medida que

aumenta la longitud del registro estratigráfico medido. Las rupturas en el registro que incluyen eventos tales como la no deposición o erosión que se producen frente a una forma de lecho que avanza (que puede durar desde pocos segundos a minutos), la no deposición producto de un flujo efímero que deja de fluir (unas pocas horas), hasta la mayor discordancia regional generada por orogenia (millones de años), reflejan las variaciones en la tasa de sedimentación. A su vez también se pueden cuantificar las tasas de acumulación como por ejemplo la velocidad de acumulación de un lecho entrecruzado por la caída de granos de arena (tiempo medido en segundos), la descarga de una corriente de turbidez (tiempo medido en horas o días) hasta el lento relleno pelágico de una planicie abisal oceánica (sin perturbaciones durante miles de años o más).



**Figura 3.2.** Escala, controles y tiempo. Tomado de Leeder (1993).

En este sentido, se han representado al menos ocho superficies de discontinuidad que contemplan de la escala más pequeña de un set de óndulas, hasta las decenas de miles de kilómetros cuadrados de una cuenca sedimentaria. Se definen los principales órdenes jerárquicos de las secciones analizadas, que permitieron comprender las magnitudes y relaciones genéticas entre los distintos elementos arquitecturales y facies descriptas (Miall, 1996).

<b>Tabla 3.1.</b> Superficies limitantes <i>Tomado de Miall (1996)</i>			
Tipo	Escala de tiempo del proceso (años)	Tasa de sedimentación (m/ka)	Fluvial (Miall, 1995)
Superficies de primer orden	$10^{-3}$	$10^5$	Limitan <i>sets</i> de migración de microformas y mesoformas (ej. Ondulitas + megaóndulas)
Superficies de segundo orden	$10^{-2} - 10^{-1}$	$10^4$	Limitan <i>cosets</i> (ascenso de óndulas o megaóndulas)
Superficies de tercer orden	$10^0 - 10^1$	$10^{2-3}$	Caracterizan la dinámica de macroformas y representan su “superficie inclinada” (ej. Migración aguas abajo o lateral)
Superficies de cuarto orden	$10^2 - 10^3$	$10^0 - 10^1$	Caracterizan la dinámica de macroformas y representan su límite superior.
Superficies de quinto orden	$10^3 - 10^4$	$10^{-1}$	Limitan complejos de canal.
Superficies de sexto orden	$10^4 - 10^5$	$10^{-1} - 10^{-2}$	Limitan incisiones formando paleovalles (limitan miembros, submiembros, secuencias, ciclos)
Superficies de séptimo orden	$10^5 - 10^6$	$10^{-1} - 10^{-2}$	Eventos alocíclicos discretos (límites de secuencias, ciclos, generalmente relacionados a eventos tectónicos)
Superficies de octavo orden	$10^6 - 10^7$	$10^{-1} - 10^{-2}$	Discordancias regionales

### Análisis de paleocorrientes

El análisis de paleocorrientes se llevó a cabo a partir de estructuras de laminación y estratificación entrecruzada en el caso de las areniscas, y a partir de imbricación de clastos en el caso de los conglomerados. Se tomaron 166 datos de planos de laminación / estratificación entrecruzada planar / tangencial y 236 datos de imbricaciones (Apéndice – Tabla A.1). Estos datos se trabajaron a partir del *software* de uso libre STERONET (Allmendinger, 2005), una herramienta que nos permite proyectar, visualizar, analizar y modificar datos de orientación en una red estereográfica. En el caso de este trabajo, se cargaron los datos -como planos en el caso de las estructuras y como polos en el caso de las imbricaciones- en conjunto con los datos de rumbo y buzamiento de las unidades que las contenían, para poder restituir la información a la horizontal. Para esto, se utilizó la función “*unfolding*” que brinda el *software*. Finalmente se hizo un análisis estadístico a partir de un diagrama de rosas.



Una vez obtenidas las paleocorrientes, para cada segmento muestreado, se realizó un análisis de la variación vertical de los datos y se construyeron mapas de paleocorrientes para entender como influyó la paleotopografía en el depósito de los sedimentos cenozoicos analizados en este trabajo.

## Análisis composicional y de procedencia

### *Análisis petrográfico de areniscas*

Se realizaron y analizaron 48 secciones delgadas de las columnas más representativas de cada una de las tres áreas de estudio (Apéndice – Tablas A.2, A.3, A.4). Se realizó un análisis textural y composicional, que complementó el análisis de facies y un conteo de puntos (en número de 300). Se seleccionaron muestras de areniscas finas a medianas, sobre las cuales se realizaron secciones delgadas, para determinar la composición modal de los minerales detríticos y autigénicos. Se contaron 300 a 400 puntos por corte delgado en una grilla rectangular, con un espaciado de 1,0 mm entre los puntos. Las areniscas se denominaron mediante la utilización de la clasificación de Pettijohn *et al.* (1987) modificada de Dott (1964).

Las categorías de conteo y los criterios usados para la identificación de los granos del entramado se basaron ampliamente en aquellos apuntados por Dickinson (1970 y 1985) e Ingersoll y Suczek (1979). Debido a que el objetivo principal del trabajo fue determinar la procedencia de areniscas y por consiguiente, identificar los fragmentos de roca, se utilizó el método de conteo de Gazzi- Dickinson y los fragmentos líticos fueron considerados como tipos de granos separados (Patch, 1980; Patch, 1984; Blatt, 1992; Eriksson *et al.*, 1994).

Los polígonos de error han sido contruidos alrededor de la media determinada, usando el cálculo de desviación estándar para cada componente representado. Si bien es cierto que para hacer comparaciones de valor estadístico es conveniente usar el intervalo de confianza, o ensayo-t, junto a la desviación estándar (Howard *et al.*, 1994), en el caso particular de este estudio la cantidad de muestras en algunas de las unidades estratigráficas no resultó suficiente para tener poder discriminatorio. Sin embargo, se considera que los resultados obtenidos pueden dar una buena aproximación de las tendencias de composición petrográfica.

A partir de este análisis se generaron 3 gráficos triangulares siguiendo la metodología de Dickinson (1985), teniendo en cuenta para el conteo, los elementos: cuarzo monocrystalino (Qm), cuarzo policristalino (Qp), plagioclasa (Pg), feldespato potásico (FK), líticos sedimentarios (Ls), líticos ígneos (Li). Una vez realizados los conteos, se elaboraron 3 gráficos triangulares:

- Gráfico Qt-F-L: Este diagrama compara el cuarzo total ( $Q_m+Q_p$ ), el feldespato total y los líticos totales. El mismo presenta 7 campos bien definidos: Interior cratónico, continental transicional, basamento elevado, orógeno reciclado, arco disectado, arco transicional y arco no disectado (Apéndice – Tabla A.2).
- Gráfico  $Q_m-F-L+Q_p$ : plotea el cuarzo monocristalino, feldespato total y líticos totales más cuarzo policristalino. Dickinson (1985) genera este gráfico sobre el que define 10 campos. Interior cratónico, continental transicional, basamento elevado, cuarzoso reciclado, mixto, transicional reciclado, arco disectado, arco transicional, lítico reciclado y arco no disectado (Apéndice – Tabla A.3).
- Gráfico  $Q_p-L_v-L_s$ : Utilizando el cuarzo policristalino, los líticos volcánicos y los líticos sedimentarios, este diagrama permite discriminar tres tipos de fuentes, sutura colisional / faja plegada y corrida, complejos de subducción y arco de subducción, donde el primero está asociado a un alto porcentaje de líticos sedimentarios y cuarzo policristalino y las fuentes de arco de subducción a contenidos altos de líticos volcánicos, quedando los complejos de subducción en un punto medio (Apéndice – Tabla A.4).

Las rocas estudiadas presentan escaso grado de alteración, lo que facilita el reconocimiento óptico de las especies minerales, sus indicadores de procedencia. Las partículas con diámetros de granos menores de 30 micrones fueron consideradas como constituyentes de la matriz.

#### *Análisis petrográfico en conglomerados*

Se incluyeron en este grupo todas las rocas compuestas por una proporción significativa de granulometrías mayores de 2mm, inmersas en una matriz arenosa o pelítica y cementadas por distintos precipitados químicos (Scasso y Limarino, 1997). En función de su distinción, se realizó una descripción detallada describiendo el tamaño de los clastos, su grado de redondez y esfericidad, el tamaño de su matriz y si eran matriz o clasto-soportados. A su vez, se hizo especial enfoque en el conteo de clastos de conglomerado, donde a partir de un análisis detallado de las distintas composiciones de los mismos, se tomaron 100 clastos por punto de muestreo. En función a estos datos:

1. Se plotearon gráfico de líneas que se ubicaron en conjunto con las columnas estratigráficas para observar la variación en el aporte en la vertical.
2. Se realizaron diagramas ternarios basados en la clasificación de Limarino *et al.* (1996), el cual presenta un ordenamiento de rocas pefíticas basado en tres parámetros principales: I. tipo de fábrica, II. textura de la matriz y III. composición de los clastos. Estos parámetros son combinados

dentro de un modelo de clasificación ternario en función de si son clasto – soportados o matriz – soportados. Los gráficos ternarios tienen tres ejes donde el eje superior es C (cuarzo + chert + cuarcitas), el eje inferior izquierdo G (granitos + gneises + feldespatos) y el eje inferior derecho L (fragmentos líticos restantes). En lo que respecta a la composición el vértice superior representa las especies más estables, el vértice izquierdo basal el aporte de un basamento cristalino y el derecho basal los restantes clastos líticos, generalmente lábiles de grano más fino. A su vez la ventaja de este gráfico es que permite establecer una vinculación entre la clasificación de las psefitas y las comúnmente empleadas en psamitas.

## Resultados

Los depósitos cenozoicos vinculados con la orogenia andina del sector Oeste se caracterizan por comenzar de manera transicional sobre la Formación Lumbrera, con la aparición cuerpos canalizados de arenisca sobre sedimentos limo-arcíliticos. Se caracteriza por un incremento rápido de la granulometría con aparición de niveles conglomerádicos a partir de los 100m de espesor. Está caracterizado por un dominio de conglomerados finos intercalados por cuerpos de arenisca mediana a gruesa y en menor medida niveles limo-arcillosos. Es granocreciente y estratocreciente, con un espesor de casi 1400m, culminando con niveles de bloques poco consolidados y muy caóticos. Finaliza por falla sobre el Granito Aguilar.

El sector Norte está caracterizado por afloramientos que dificultaron realizar una sección completa. Por esta razón se realizaron siete perfiles los cuales, a partir de niveles de control, se unificaron en una sola columna. Al igual que en el sector Oeste, comienza muy transicionalmente sobre la Formación Lumbrera. Comienza con cuerpos de arenisca muy subordinados en niveles limo-pelíticos que progresivamente aumentan de tamaño mostrando un arreglo grano y estratocreciente. Tiene un espesor total de 1540m, con la aparición del primer conglomerado a los 230m, y una columna que refleja una tendencia grano y estratocreciente progresiva. Finaliza cubierta por sedimentos modernos.

Por último, el sector Este es el que presenta mejores afloramientos. En este sector se lograron levantar siete columnas de más de 2000m, quedando representado por una columna que tiene un espesor de 2280m. Aparecen en contacto por falla, la cual pone en contacto la Formación Río Grande con la Formación Casa Grande. Comienza con niveles limo-arcillosos con cuerpos de arenisca muy subordinados que alcanzan 1m de espesor. Como característica particular se da una discordancia erosiva a los 200m que se puede observar muy bien desde imágenes satelitales (Figura 6.3) la cual podría estar marcando el límite



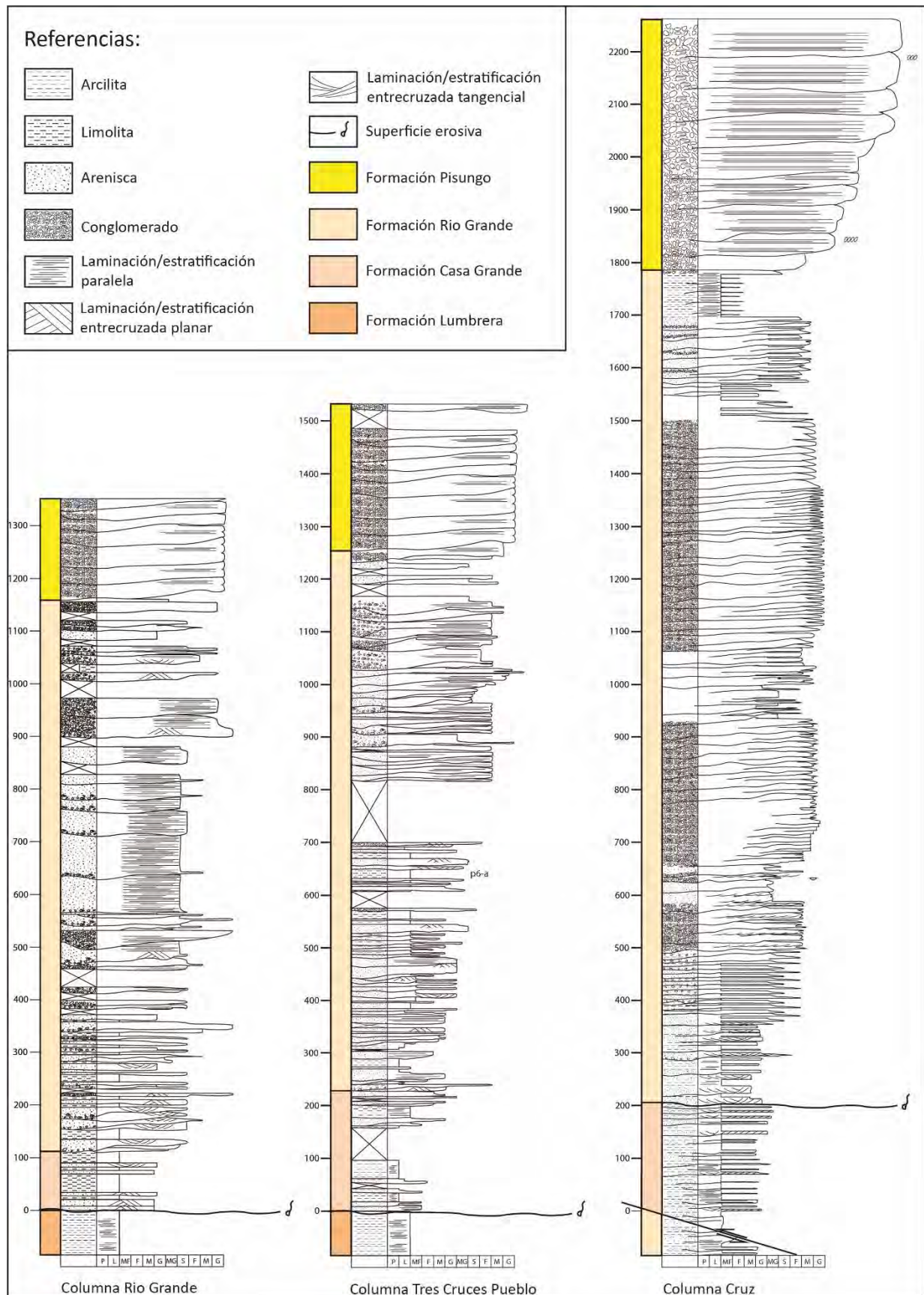
entre las Formaciones Casa Grande y Rio Grande. A diferencia de los sectores anteriores, si bien a grandes rasgos se puede distinguir que la sección es grano y estratocreciente, presenta al menos 5 segmentos grano y estratocrecientes, caracterizados por un inicio basal dominado por niveles limo-pelíticos que gradan a areniscas y a conglomerados. Finaliza cubierto por depósitos modernos.

### Columnas Estratigráficas

A partir del relevamiento de campo se realizó una columna representativa para cada sector. La tabla 3.2 muestra la ubicación de inicio de cada perfil y las características principales.

<b>Tabla 3.2.</b> Columnas sedimentarias levantadas		
PERFIL	UBICACION	DESCRIPCION
Perfil Oeste	23° 8'5.46"S - 65°38'57.70"W	Columna con 1350m de espesor que inicia con una superficie erosiva paraconcordante sobre la Formación Lumbrera. El techo está cubierto por depósitos modernos
Perfil Norte	22°54'49.51"S - 65°33'7.75"W	Columna de 1530m de espesor que inicia de manera transicional y concordante sobre la Formación Lumbrera. El techo está cubierto por depósitos modernos
Perfil Este	22°59'10.47"S - 65°31'18.08"W	Columna con 2270m de espesor que inicia por falla sobre la Formación Rio Grande. Su contacto basal sobre lumbrera no se pudo establecer. El techo está cubierto por depósitos modernos.

En la Figura 3.3 se presentan las columnas representativas de las tres áreas:



**Figura 3.3.** Columnas sedimentarias representativas de cada zona de estudio. Zona Oeste: columna Rio Grande. Zona Norte: Columna Tres Cruces Pueblo. Zona Este: Columna Cruz.

### Análisis de facies, elementos arquitecturales y asociación de facies.

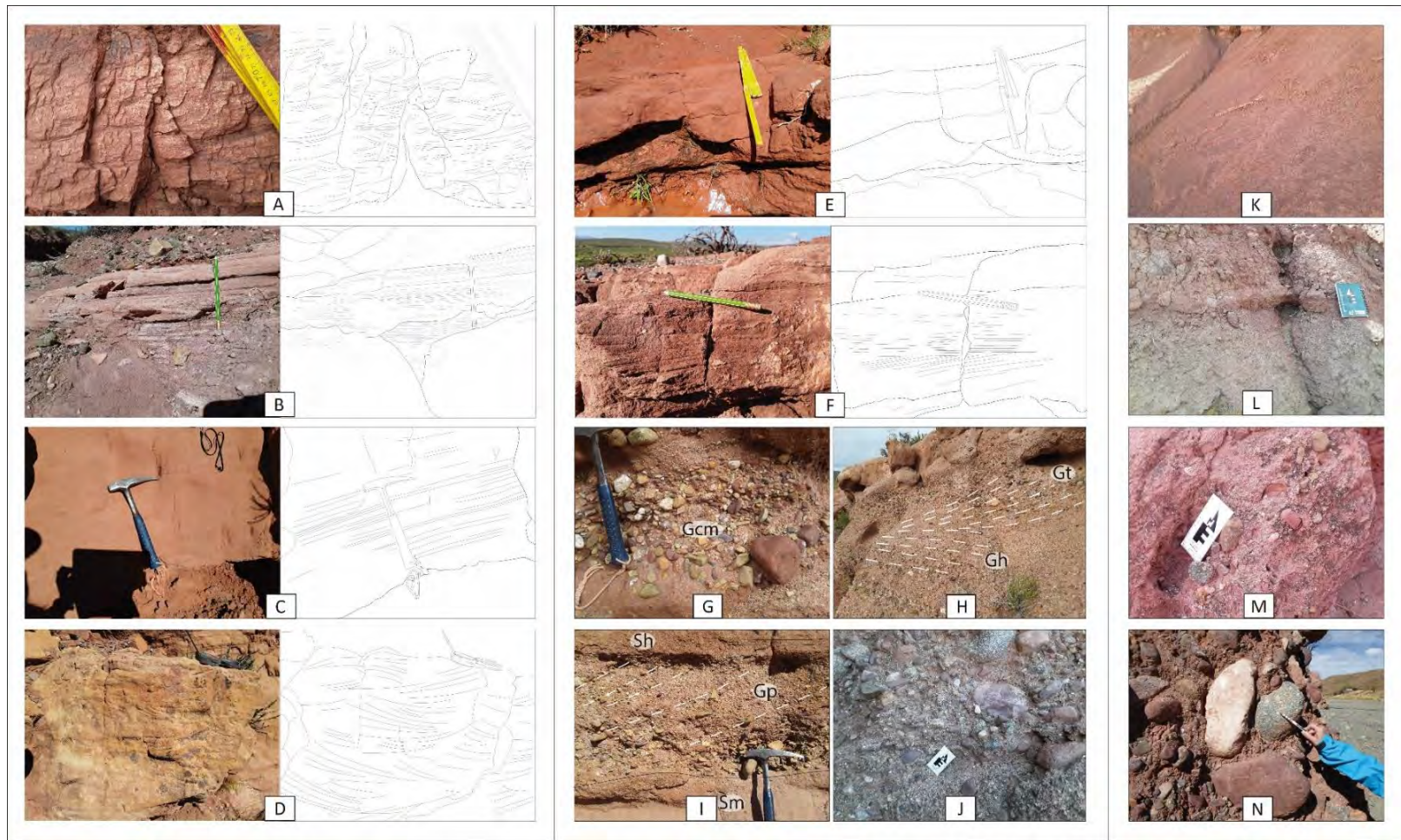
El estudio de las secciones levantadas permitió la diferenciación de 15 facies sedimentarias que se presentan en la tabla 3.4. A su vez, se identificaron los principales elementos arquitecturales (Tabla 3.5) Sobre la base de estas facies, se identificaron 8 asociaciones de facies representadas en la tabla 3.4. y los principales elementos arquitecturales (Tabla 3.5).

<b>Tabla 3.4.</b> Facies presentes en los depósitos de antepaís del área de Tres Cruces.			
Facies	Litología	Estructura	Interpretación
Fl	Pelita/Limolita	Laminación paralela fina y/o ondulítica. Estratificación tabular con contactos netos (Figura 3.4.K).	Depósitos por decantación. Baja energía
Fm	Pelita	Maciza, en cuerpos tabulares. Puede presentar grietas de desecación y actividad pedogenética (motas, rizoconcreciones, nódulos, cristales de yeso) (Figura 3.4.L).	Depósitos por decantación. Baja energía
So	Arenisca muy fina a fina intercalada con limolita	Óndulas asimétricas. Laminación ondulítica o flaser (Figura 3.4.A).	Depósitos de bajo régimen de flujo.
Sl	Arenisca muy fina a fina	Laminación paralela muy fina o fina en bancos con plana (Figura 3.4.B).	Relleno de canales abandonados. Flujos planos de bajo régimen
Sh	Arenisca mediana	Laminación paralela fina, estratos tabulares con base erosiva (Figura 3.4.C).	Flujo plano.
St	Arenisca mediana	Laminación entrecruzada tangencial. Base erosiva. Formas lobuladas y base plana comunes (Figura 3.4.D).	Formas de lecho con crestas sinuosas a lingüoides (dunas 3D)
Sm	Arenisca fina a gruesa	Maciza, laminación difusa. Cuerpos tabulares con base plana a levemente	Flujos de alto régimen.

		erosiva. Puede tener bioturbación (Figura 3.4.E).	
Sp	Arenisca fina a gruesa, puede contener intraclastos.	Laminación/estratificación entrecruzada planar con láminas estrato-decrecientes. Base erosiva y techo plano. Cuerpos cuneiformes (Figura 3.4.F)	Formas de lecho con crestas rectas (dunas 2D). Bajo y alto régimen de flujo.
Gd	Ortoconglomerado fino clasto-soportado. Matriz de arenisca mediana a gruesa.	Estructura maciza. Base erosiva. Cuerpos tabulares a lenticulares. (Figura 3.4.G)	Flujo fluido de alta energía. Matriz infiltrada
Gh	Conglomerado fino a grueso clasto - soportado. Matriz de arenisca mediana a gruesa.	Estratificación horizontal. Cuerpos típicamente de decímetros a varios metros de espesor. Contactos entre cuerpos difusos debido a la ausencia de una estratificación bien definida. Son comunes los clastos imbricados.	Flujos de detritos en manto y flujos laminares dentro de un sistema fluvial de alta energía.
Gp	Ortoconglomerado fino a grueso clasto – soportado con matriz de arenita mediana a gruesa. Variaciones texturales dentro de los sets debido a cambios en la selección.	Estratificación entrecruzada planar en cuerpos que pueden superar los 4m de espesor, aunque comúnmente son de 1m (Figura 3.4.I).	Depósito de acreción lateral y migración dentro de un sistema fluvial de alta energía. Cambios texturales producto de cambios abruptos en las condiciones hidráulicas.
Gt	Ortoconglomerado fino a grueso clasto – soportado con matriz de arenita mediana a gruesa. Variaciones texturales dentro de los	Estratificación entrecruzada tangencial de bajo ángulo en cuerpos que pueden superar los 4m de espesor, aunque comúnmente son de 1m (Figura 3.4.H).	Depósito de acreción lateral y migración dentro de un sistema fluvial de alta energía. Cambios texturales producto de cambios



	sets debido a cambios en la selección.		abruptos en las condiciones hidráulicas.
Gco	Ortoconglomerado polimíctico de grano grueso clasto - soportado	Gradación inversa a normal, imbricación de clastos débil (Figura 3.4.J)	Carga de lecho por tracción, en flujos de alta energía.
Gmm	Ortoconglomerado fino a grueso. Clastos mal seleccionados y soportados por una matriz mal seleccionada de arenita y limolita	Estructura maciza, en algunos casos gradación normal de clastos y/o matriz. Base erosiva (Figura 3.4.M)	Esta litofacies representa flujos de detritos pseudo-plásticos, por flujos turbulentos.
Gcm	Ortoconglomerados polimícticos, desorganizados, clasto – soportados. Bloques y conglomerados subangulares a redondeados.	Sin estructura en estratos de 1 a 8m de espesor (Figura 3.4.N).	Depósitos por corrientes fluidas con clastos concentrados.



**Figura 3.4.** Facies presentes: A – Laminación ondulítica en areniscas finas a muy finas (So). B – Laminación paralela en areniscas finas a muy finas (Sl). C – Laminación paralela en areniscas medianas (Sh). D – Laminación entrecruzada tangencial en areniscas medianas (St). E – Arenisca fina a gruesa maciza (Sm). F – Arenisca fina a gruesa con laminación entrecruzada planar (Sp). G – Ortoconglomerado clasto-soportado macizo (Gd). H – Ortoconglomerado con estratificación horizontal (Gh) y ortoconglomerado con estratificación entrecruzada tangencial a la base de bajo ángulo (Gt). I – Ortoconglomerado con estratificación entrecruzada planar (Gp). J – Ortoconglomerado con gradación normal (Gco). K – Arcilita con laminación horizontal (Fl). L – Arcilita maciza (Fm). M – Ortoconglomerado matriz soportado macizo (Gmm). N – Ortoconglomerado polimíctico sin estructura (Gcm).

<b>Tabla 3.5.</b> Arquitectura fluvial presente en las columnas sedimentarias.			
Símbolo	Elemento	Arreglo de Facies	Geometría
CH	Canales	Cualquier combinación	Variable. Base cóncava y erosiva
GB	Formas de Lecho Gravasas	Gm,Gp,Gt	Tabular, lentiforme.
SB	Formas de Lecho Arenosas	St,Sp,Sh,Sl	Lentes, cuñas,mantos
SG	Flujos de gravedad	Gmm, Gco	Lóbulos, láminas de flujos de gravedad
DA	Macroformas de acreción frontal	St,Sp,Sh,Sl	Lentes. Tope convexo
LA	Macroformas de acreción lateral	St,Sp,Sh,Sl,Gp,Gt, Fl	Cuñas, lóbulos
LS	Mantos arenosos laminados	Sh,Sl,St,Sp	Mantos
FO	Finos de Planicie	Fm,Fl,Sm	Tabular. Espesor variable

### Formación Casa Grande

La Formación Casa Grande marca el inicio de la sedimentación de antepaís cenozoico en el área de Tres Cruces (Boll y Hernandez, 1985). El contacto sobre el *posrift* del Grupo Salta se da a partir de una discordancia levemente erosiva. Presenta un espesor entre 100 y 200m. Está caracterizada por 4 asociaciones de facies: CG1, CG2, CG3 y CG4, las cuales están mejor representadas en la columna Rio Grande (Tabla 3.6).

<b>Tabla 3.6.</b> Asociaciones de facies presentes en la Formación Casa Grande				
Asociación de Facies	Facies presentes	Descripción	Elementos Arquitecturales	Interpretación
CG1	Fl, Sl, St, Sp	Secuencia compuesta por cuerpos tabulares de 5-40m, de limolitas y pelitas rojizas finamente laminadas. Intercalan esporádicamente cuerpos de arenisca (Sl, St, Sp) en cuerpos de	LS, FO	Se interpreta una planicie de inundación con crecidas distales esporádicas

		0,5 – 1m con base levemente erosiva		
CG2	Fl, So, Sl, Sp, St	Ciclos granocrecientes de 5 a 10m que comienzan con una limolita-pelita laminada sobre la que aparecen cuerpos de arenisca con base levemente erosiva que incrementan en granulometría hasta una arenisca mediana/gruesa. Culminan de manera brusca con limolitas-pelitas.	FO, LS, SB	Se interpreta como un subambiente de planicie de inundación con crecidas proximales.
CG3	Fl, Sh, Sl, Sp, raro St	Cuerpos de arenisca mediana de 0.5 a 5m de espesor con base erosiva, con bases cóncavas y techos planos, con estructuras de agradación lateral. Alternan con niveles de limolitas laminadas que no superan los 0,7m de espesor.	CH, LS, SB, FO	Depósitos distales de canal que progradan sobre la planicie de inundación. Los finos marcan una estacionalidad en el flujo.
CG4	Sh, Sp, St, So, Sm	Cuerpos de 3 a 10m de espesor con bases erosivas sobre la que apoya areniscas de 1 a 2m de espesor amalgamados que pueden mostrar agradación lateral. Son cuerpos canalizados que pueden alcanzar los 50m de extensión lateral, promediando los 30m.	CH, SB, LA, DA	Se interpreta como depósitos de canal de un sistema fluvial distal

**Asociación de Facies 1 (CG1):** Compuesta por cuerpos tabulares de 5-40m, de limolitas y pelitas rojizas finamente laminadas, donde intercalan esporádicamente cuerpos de arenisca (Sl, St, Sp) en cuerpos de 0,5 – 1m con base levemente erosiva, esta asociación se encuentra muy presente en la Formación Casa



Grande donde puede superar los 40m de espesor y distribuciones laterales de cientos de metros, considerándose la asociación de facies predominante, se reduce considerablemente a medida que avanzamos en la secuencia, estando casi ausente hacia el techo, reconociéndose en bordes de canales amalgamados.

La variación litológica vertical es considerable, lo que refleja el hecho de que la superficie de deposición tenía baja pendiente y era fácilmente susceptible a pequeños cambios en los procesos de deposición. La sedimentación puede tener lugar en incrementos separados que representan eventos de inundación individuales, o por la lenta sedimentación continua de sedimentos de grano fino de la suspensión en pantanos o estanques permanentes.

**Asociación de Facies 2 (CG2):** compuesta por ciclos granocrecientes de 5 a 10m, que comienzan con una pelita laminada sobre la que aparecen cuerpos de arenisca con base levemente erosiva que incrementan en granulometría hasta una arenisca mediana/gruesa. Culminan de manera brusca con pelitas. Se trata de una asociación que, junto con la descrita anteriormente, conforma las planicies fluviales que predominan en la base de la Formación Casa Grande.

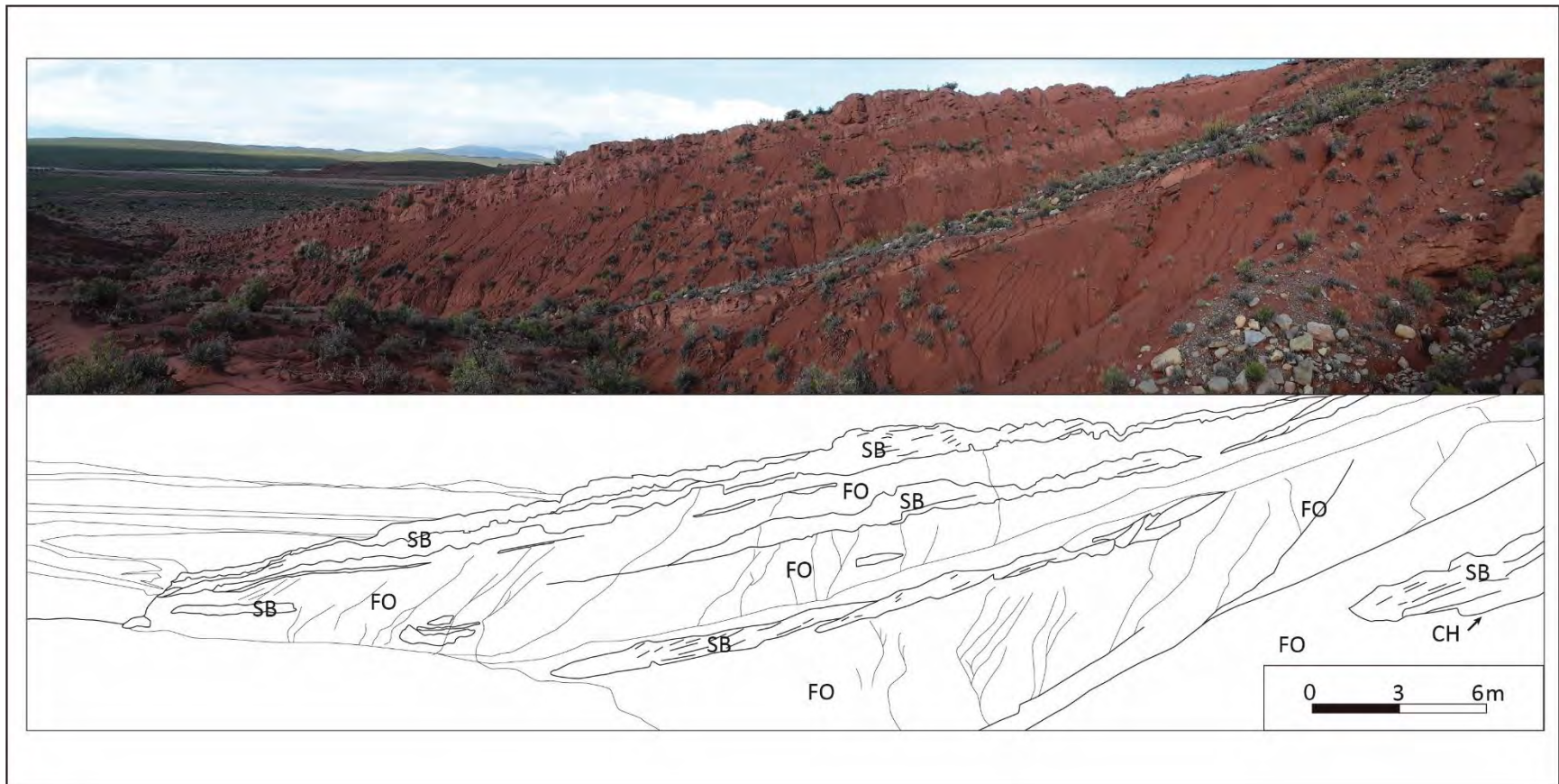
Los depósitos consisten en areniscas de grano fino a mediano con abundante estructuras sedimentarias hidrodinámicas y bioturbación. Son típicas las estructuras laminadas entrecruzadas y las ondulitas. Láminas intercaladas de pelitas que constituyen litofacies FO también son comunes. Los ensambles se caracterizan por lechos delgados y abundantes superficies de no deposición y erosión a pequeña escala (superficies de tercer orden), que refleja el origen de los desbordes por inundación periódicos o irregulares en láminas (Elemento SB). Disminuye el tamaño del grano a medida que nos alejamos del canal principal. Internamente, los depósitos pueden exhibir superficies de acreción de bajo ángulo que registran crecimiento por progradación lateral (Elemento DA/LA). La parte superior de estos eventos puede mostrar un decrecimiento en la granulometría a medida que se produce el fin de la inundación/abandono (Figura 3.5). Esta parte superior de la sucesión puede mostrar abundante bioturbación.

**Asociación de Facies 3 (CG3):** Son cuerpos de arenisca mediana de 0.5 a 5m de espesor con base erosiva, con bases planas a levemente cóncavas y techos planos, que se depositan en cuerpos laminados, pudiendo estar asociados a canales, con estructuras de flujo primarias unidireccionales y entrecruzadas que indican una agradación lateral del sistema. Gradan verticalmente a limolitas laminadas que no superan los 0,7m de espesor.

Las litofacies Sh, Sl con menor presencia de facies Sp, comúnmente dominan sobre la sección media de la Formación Casa Grande, y se han interpretado como el producto de inundaciones repentinas depositando arena bajo condiciones de lecho plano de alto régimen de flujo (Miall 1977, 1984, Tunbridge 1981, 1984; Sneh 1983). La arquitectura característica de este elemento, descrita por Tunbridge (1981), Sneh (1983) y Stear (1985), consta de capas de arena individuales tienen 0.4-2.5 m de espesor y con superficies planas a ligeramente erosivas. Pueden estar limitadas, gradacionalmente, por Sp o St, indicando condiciones de flujo descendente al final de un evento de inundación. Las láminas individuales se pueden trazar lateralmente por más de 100 m, con márgenes prácticamente imperceptibles. En los bordes se interdigita con unidades más finas dominadas por arenas de grano fino y pelitas de la litofacies Fl. Verticalmente presentan gradación normal en la mayoría de los casos evidenciando la estacionalidad de los flujos. La gradación inversa en la base de los cuerpos también es común. Las formas canalizadas son difíciles de observar en afloramiento, aunque en algunos casos, los cuerpos de canal presentan alas laterales conformadas por esta asociación (Figura 3.6). Los ciclos apilados pueden alcanzar decenas de metros de espesor.

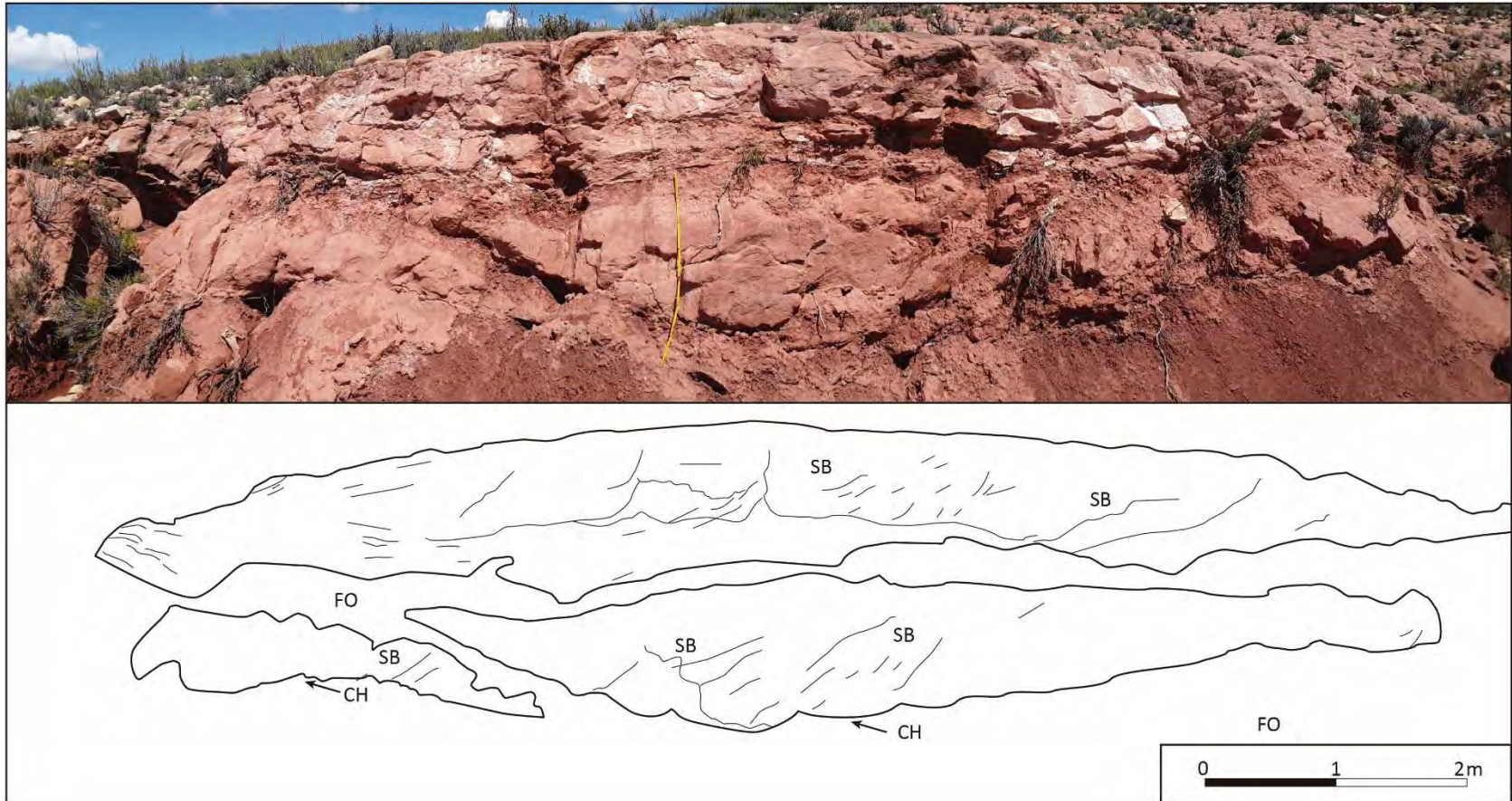
**Asociación de Facies 4 (CG4):** Cuerpos de arenisca de 3 a 10m de espesor con base erosiva cóncavas y techo plano donde predominan las facies de progradación lateral (Sp, St) y en menor medida estructuras laminadas (Sh, So). Son cuerpos canalizados que pueden alcanzar los 50m de extensión lateral, promediando los 30m. Los componentes que definen la geometría de canal típica de esta asociación se pueden mapear fácilmente, quedando definidos como superficies de quinto orden.

Su litofacies (CH) se caracteriza por cuerpos con bases erosivas cóncavas. La parte superior del canal puede ser erosional o gradacional. Pueden tener internamente rellenos mono o multiepisódicos. Los márgenes de los canales presentan formas bien definidas con márgenes con pendientes que pueden alcanzar los 30°. Estas variaciones reflejan la estabilidad del banco, en general pobre, con amplios canales (Figura 3.7).



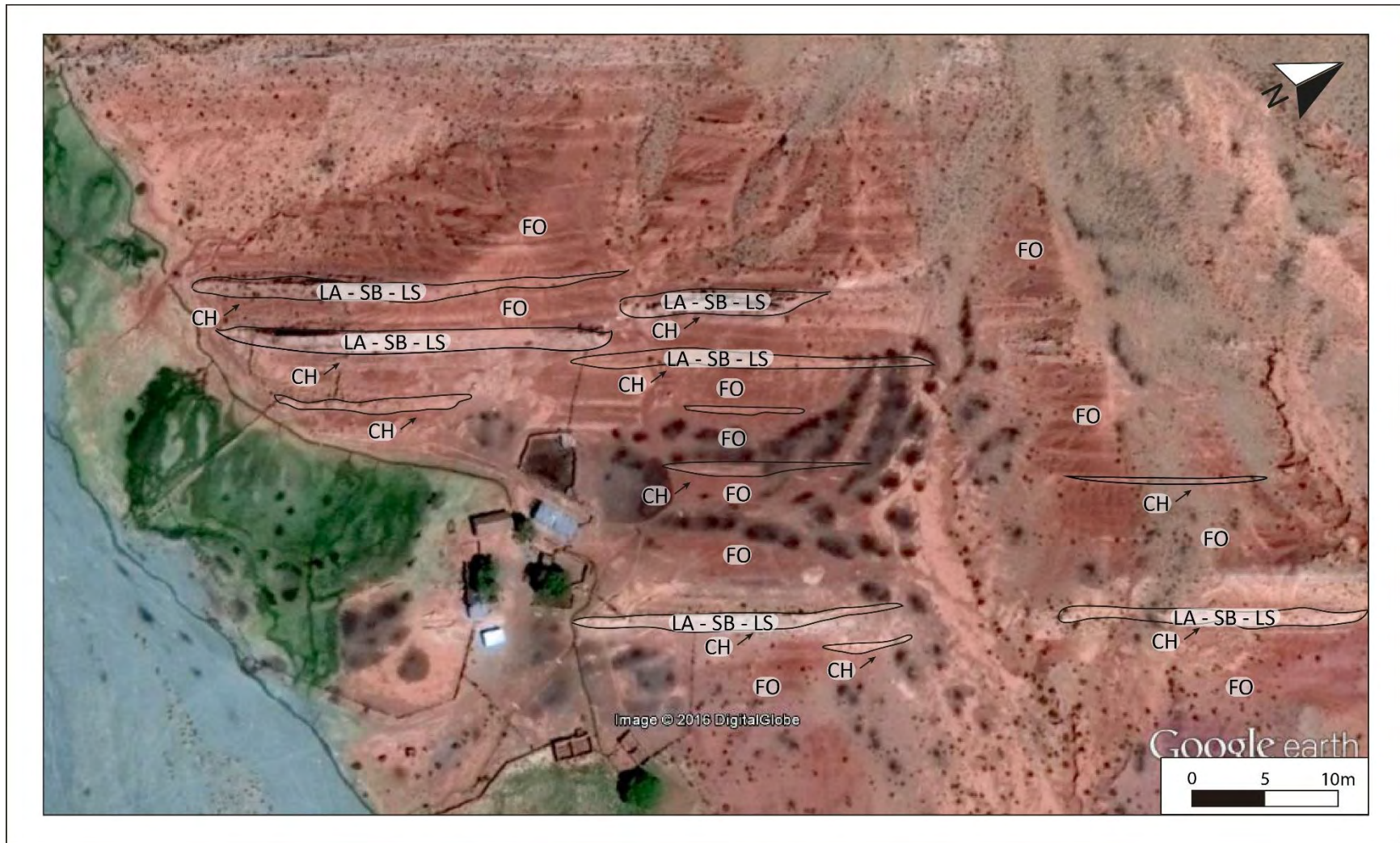
**Figura 3.5.** Asociación de facies 2 representada en la sección basal de la columna Tres Cruces Pueblo del sector Norte. Se observan con claridad los cuerpos irregulares laminados que representan inundaciones (SB) sobre una planicie fluvial (FO).





**Figura 3.6.** Vista en perfil de la asociación de facies 3, donde se puede observar superficies de acreción lateral (SB) de forma irregular asociadas a un canal sobre una planicie fluvial (FO) donde además aparecen elementos arquitecturales como SB, típicos de zonas de avulsión.





**Figura 3.7.** Vista satelital de la asociación de facies 4 donde se pueden observar los cuerpos de canal (CH) dispersos en una planicie de inundación (FO).

*Formación Rio Grande*

Estos depósitos comienzan de manera transicional paraconcordante en las columnas de Rio Grande y Tres Cruces Pueblo y por medio de una discordancia erosiva en el sector Este, representado por la columna Cruz. Está compuesta por 1000m de espesor en las columnas Rio Grande y Pueblo y por más de 1500m en la columna Cruz. y se caracteriza por ser grano y estratocreciente, desde arenisca mediana a un conglomerado muy grueso. Esta unidad está compuesta por 6 asociaciones de facies: RG1, RG2, RG3 y RG4 descriptas en la Tabla 3.7.

<b>Tabla 3.7.</b> Asociaciones de facies presentes en la Formación Rio Grande				
Asociación de Facies	Facies presentes	Descripción	Elementos Arquitecturales	Interpretación
RG1	Fl, Sl, Sp, St	Ciclos granocrecientes de 5 a 10m que comienzan con una limolita-pelita laminada sobre la que aparecen cuerpos de arenisca con base levemente erosiva que incrementan en granulometría hasta una arenisca mediana/gruesa. Culminan de manera brusca con limolitas-pelitas.	FO, LS, SB	Se interpreta como un subambiente de planicie de inundación con crecidas proximales.
RG2	Fl, Sm, Sh, Sp, Gmm	Ciclos de lechos medianos de 5 a 10m de espesor de geometría tabular a canalizada con base erosiva sobre limolitas laminadas. Se compone de cuerpos que comienzan con un conglomerado matriz-soportado con predominancia de intraclastos pelíticos el cual grada a una arenisca mediana a gruesa que puede tener laminación paralela a	SB, GB, CH, LA, FO	Depósitos de canal y flujos en capa en lóbulos progradantes (Ambiente de abanico terminal o megafan distal). La ciclicidad fue el resultado de la migración rápida de los canales durante

		entrecruzada. Finaliza de manera neta con una limolita laminada.		flujos episódicos de alto volumen.
RG3	Sm, Gm, Gh, raro Fl	Se caracteriza por cuerpos estrato y granocrecientes de 7 a 20m de espesor compuestos por ciclos granodecrecientes con base erosiva de 1 a 5m. Conglomerado basal que puede tener laminación horizontal a levemente entrecruzada que grada a una arenisca maciza. Los cuerpos son en general tabulares aunque pueden estar levemente canalizados. Pueden alternar cuerpos de limolitas rojas laminadas que no superan el metro de espesor.	SB, GB, CH. Raro FO	Sistema fluvial entrelazado efímero caracterizado por inundaciones periódicas de alta energía.
RG4	Sm, Sh, Gh, Gcm, Gmh, Gmm, Gp	Ciclos de crecimiento ascendente (10 m de espesor o más) de conglomerado clasto-soportado, conglomerado matriz-soportado y arenita lítica. El conglomerado pobremente clasificado y bien redondeado es normalmente lenticular y presenta estructuras entrecruzadas ligeramente alargadas.	SB, GB, CH, LA, raro GA	Canales y depósitos de barra de migración en un entorno de fluvial entrelazado. La sucesión estrato-creciente refleja la progradación del sistema fluvial.

**Asociación de Facies 1 (RG1):** compuesta por ciclos estratodecrecientes de 3 a 5m, que interdigitan facies de areniscas y arcilitas, donde las facies de arenisca predominan sobre las arcilitas. Las areniscas medianas a gruesas consisten en litofacies Sl, Sm y So. Los estratos son lateralmente continuos por varias decenas de metros. Las arcilitas subordinadas son masivas a laminadas (Fm, Fl). En algunos casos se observa un

arreglo granocreciente de las arcilitas a las areniscas. Por lo general el contacto del techo suele ser neto entre las areniscas y el nivel de arcilitas superior.

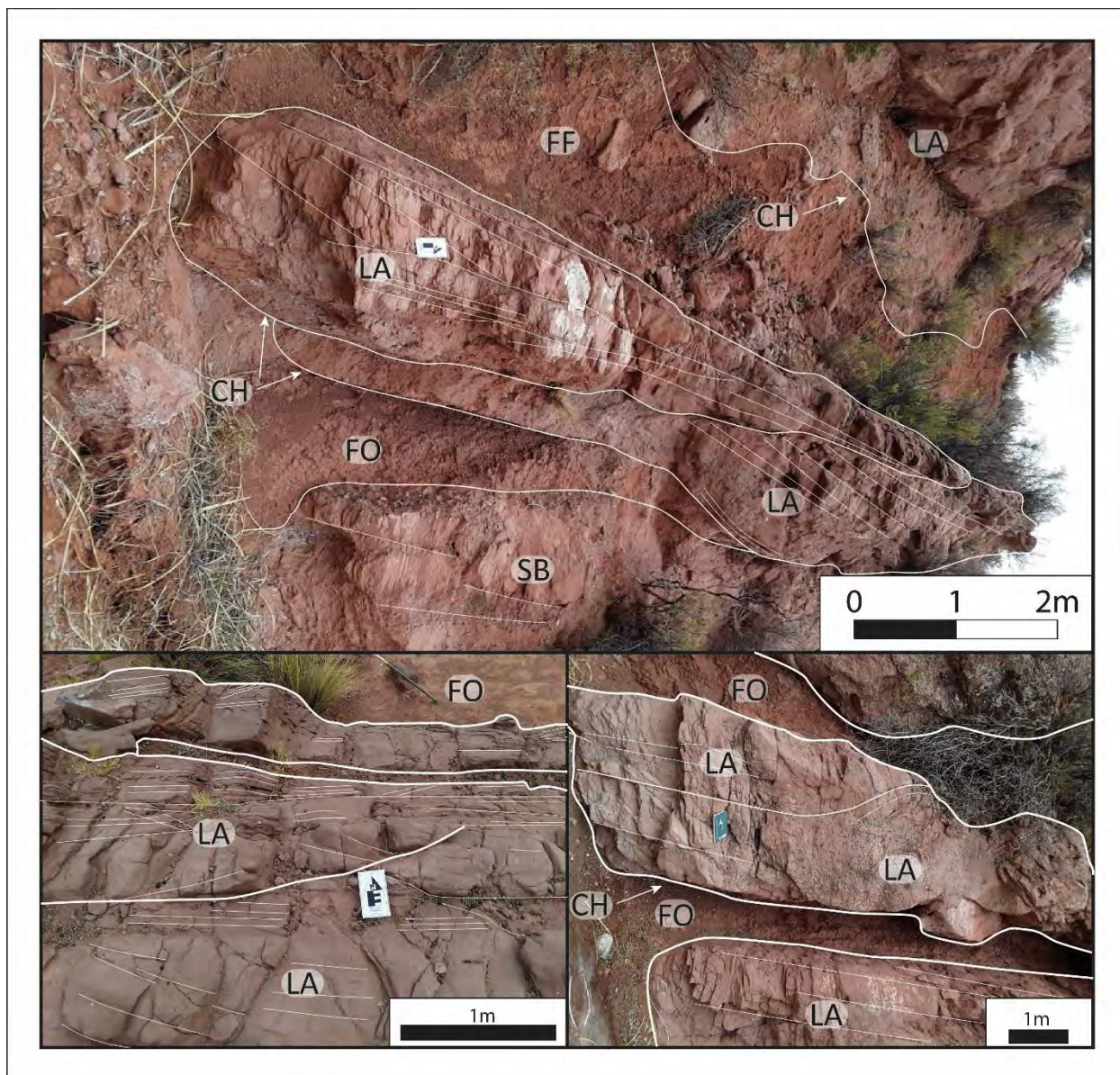
Se trata de una asociación presente en la base de la Formación Rio Grande, que rápidamente disminuye su presencia. La geometría tabular y la falta de estructuras de canalización permiten asociar estos depósitos con una planicie de inundación. Las litofacies Fm y Fl representan depósitos de baja energía vinculados a aguas estancadas durante el abandono de canales (Miall, 1996). La continuidad lateral y la geometría de los estratos con laminación característica (Fl) son evidencias de flujos lentos y/o estancamiento de aguas (Miall, 1996; Uba *et al.*, 2005). La ausencia de pedogénesis y escasos rasgos de exposición subaérea sugiere flujos continuos de *overbank*.

**Asociación de Facies 2 (RG2):** Lechos de 5 a 10m de espesor de geometría tabular a canalizada con base erosiva sobre limolitas laminadas. Se compone de cuerpos que comienzan con un conglomerado matriz-soportado con predominancia de intraclastos pelíticos y estructuras laminadas difusas, presentando en algunos casos la litofacies Gp, el cual gradúa a una arenisca mediana a gruesa que puede tener laminación paralela a entrecruzada (Sh, Sp). Finaliza de manera neta con una limolita laminada a maciza (Fl, Fm). Los elementos arquitecturales más frecuentes son los canales (CH), las macroformas de acreción lateral (LA) y los finos de planicie (FF).

Esta asociación de facies es producto de flujos de corriente arenosa en eventos de flujo de canal. Las geometrías tabulares y lenticulares, las superficies erosivas con intraclastos pelíticos en la base y la gradación normal de los ciclos indican eventos individuales dentro del canal (CH) y limitado por elementos de acreción lateral (LA). Los bancos de arenisca laminada a maciza depositados encima son el resultado de depósitos en canales poco profundos, después del flujo máximo de inundación (Miall, 1996; Gupta, 1999). Como resultado, la textura de los depósitos muestra cambios verticales rápidos. Los clastos depositados de las corrientes de tracción comúnmente tienen imbricación.

El patrón de gradación normal de cada ciclo, indican fluctuaciones repetidas en la velocidad del flujo. El contenido de clastos en las areniscas muestra el rodamiento de clastos se producía al mismo tiempo que la caída por carga de la arena (Miall, 1996). Las litofacies Gp sugieren depositación de gravas en barras longitudinales (Boothroyd y Ashley, 1975), mientras que la escasez de superficies de delimitación internas dentro de los ciclos sugiere una depositación rápida. La presencia de facies Sp y su patrón de acreción lateral sugieren depositación en barras simples (Todd, 1991). Los estratos de arenisca con litofacies St y Sh fueron depositados probablemente por flujos de alto régimen y dunas arenosas subacuáticas.





**Figura 3.8.** Asociación de facies 3 en la Formación Rio Grande. Se puede observar la interacción entre elementos SB, LA, FO y superficies CH.

**Asociación de Facies 3 (RG3):** Se caracteriza por estratos granocrecientes de 7 a 20m de espesor compuestos por ciclos granodecrecientes con base erosiva de 1 a 5m. Conglomerado basal que puede tener laminación horizontal a levemente entrecruzada que grada a una arenisca maciza. Algunos cuerpos se encuentran canalizados, pero en general son tabulares. Pueden alternar cuerpos de limolitas rojas laminadas que no superan el metro de espesor.

La asociación de facies se caracteriza por lentes de conglomerado apilados y amalgamados (GB, SB), arenisca lítica bien clasificada y lechos de arcilla organizados en una disposición cíclica de

engrosamiento hacia arriba (> 10 m de espesor). Presenta algunos niveles de arcilita roja, finamente laminados y lateralmente discontinuos y pueden mostrar estructuras de escape de agua.

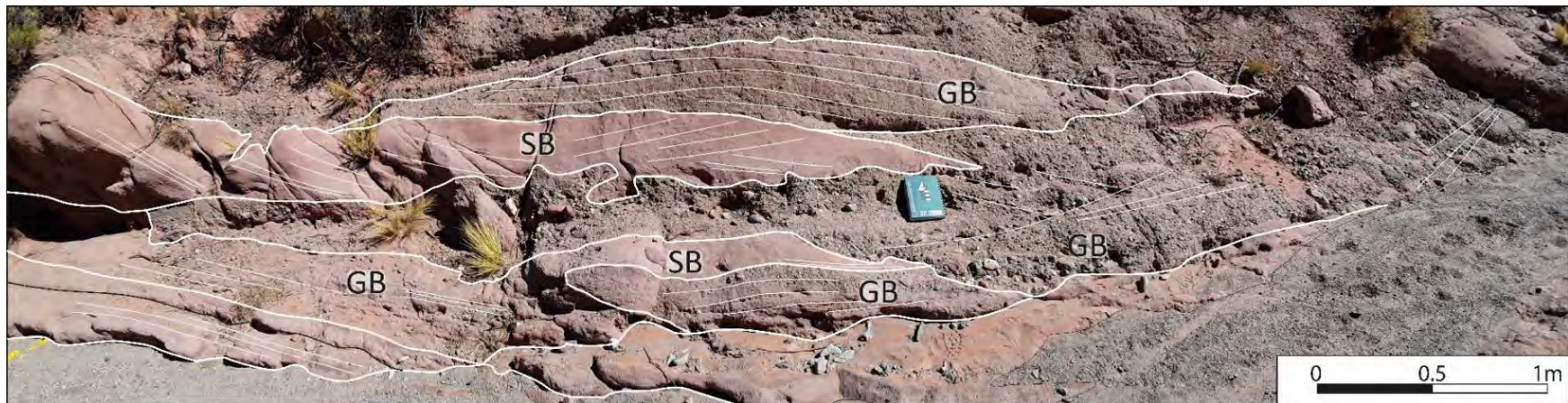
La arenita lítica rica en clastos es de color gris claro, de grano medio a sábulo, mal seleccionada y con estratificación entrecruzada planar. El conglomerado es clasto-soportado, polimíctico y está moderada a pobremente seleccionado, con clastos que varían de 1 a 10 cm de tamaño (promedio de 4 cm, figura 3.9). Los estratos de conglomerado (0,5-2 m) muestran estratificación horizontal a levemente entrecruzada, paralela o tangencial de ángulo bajo y base erosiva (Figura 3.9).

Los lentes de conglomerado amalgamados y los niveles finos discontinuos se interpretan como canales de migración y depósitos de canales dentro de un sistema fluvial entrelazado.

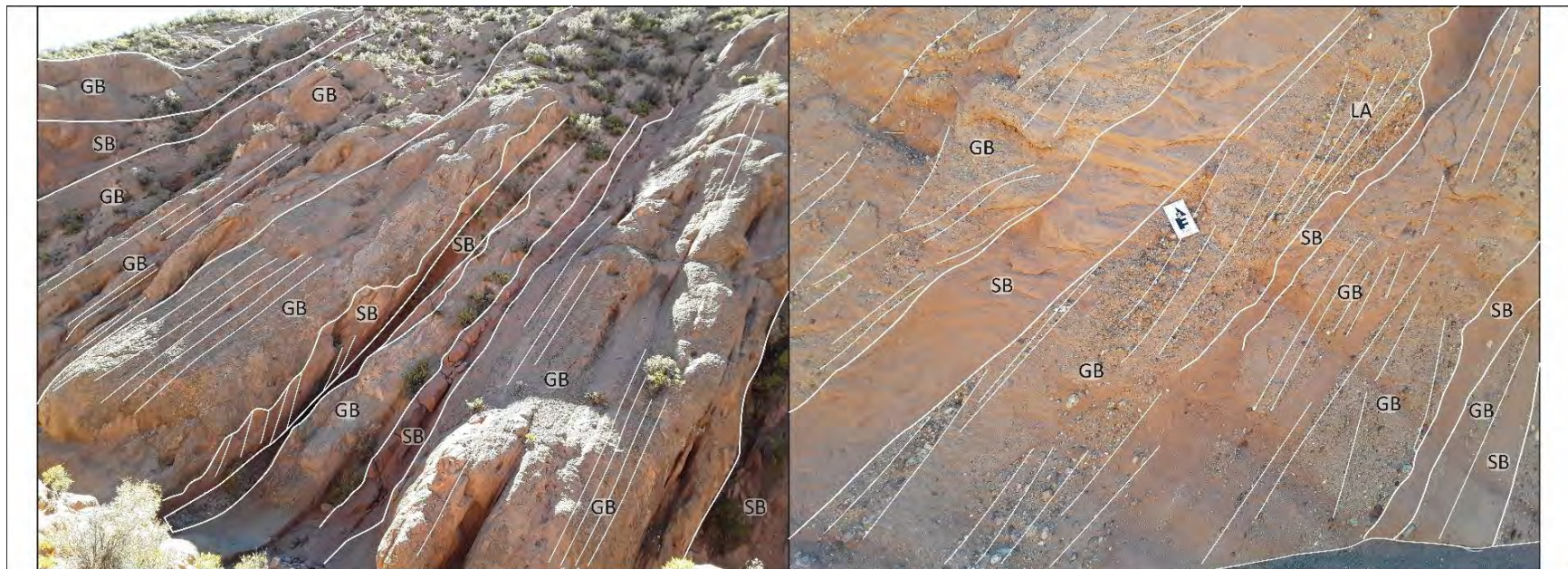
**Asociación de Facies 4 (RG4):** Ciclos apilados estratocrecientes (10 m de espesor o más) de conglomerado clasto-soportado, conglomerado matriz-soportado y arenita lítica. El conglomerado pobremente clasificado y bien redondeado es normalmente lenticular y presenta estructuras entrecruzadas ligeramente alargadas de bajo ángulo (litofacies Gd, Gh, Gp). Los cuerpos de arenisca lítica son de grano medio a grueso, de geometría tabular, y varían desde laminación gruesa y horizontal hasta estratificación entrecruzada (litofacies Sm, Sh, Sp). Los elementos arquitecturales incluyen formas de lecho gravosas (GB), formas de lecho arenosas (SB) y formas de acreción lateral (LA) en menor medida. Las superficies son planas no erosivas a erosivas lenticulares, mostrando jerarquías de 2do y 3er orden dentro de cada ciclo de depositación.

El dominio de fábricas organizadas y la moderada a buena selección de esta asociación sugiere una depositación por procesos tractivos de alta energía persistentes en el tiempo, en flujos de baja sinuosidad, con dominio de canales gravosos donde el transporte ocurre por carga de lecho y la depositación ocurren en condiciones de disminución de las condiciones de flujo. Esta interpretación es soportada por la presencia de superficies erosivas, imbricación de clastos y el dominio de las litofacies Gd y Gco. Las litofacies desorganizadas (Gd) representan depositación rápida de flujos hiper concentrados. En contraste, las litofacies organizadas (Gco) representan depositación en bancos de grava o barras longitudinales (GB) (Boothroyd y Ashley, 1975; Brierley *et al.*, 1993). La gradación normal cíclica indica una disminución de la velocidad de los flujos de los ciclos individuales de alta energía.





**Figura 3.9.** Asociación de facies 3 presente en la Formación Río Grande, donde se puede observar una asociación e interdigitación entre los elementos SB y GB, con predominancia de este último.



**Figura 3.10.** Asociación de facies 4 presente en la Formación Río Grande, donde se puede observar la interdigitación de elementos GB con SB.

### Formación Pisungo

La Formación Pisungo (Pascual y Fernandez, 1978) se caracteriza por comenzar de manera transicional y paraconcordante en las tres secciones estudiadas. Consiste en un depósito estrato y granocreciente de conglomerados a bloques en arreglo con areniscas muy subordinadas. Su techo no se encuentra expuesto y los espesores mínimos medidos superan los 500m. Tres asociaciones de facies fueron distinguidas: P1, P2 y P3.

<b>Tabla 3.8.</b> Asociaciones de facies presentes en la Formación Pisungo				
Asociación de Facies	Facies presentes	Descripción	Elementos Arquitecturales	Interpretación
P1	Sm, Sl Fl, Fm	Ciclos granocrecientes de 5 a 10m que comienzan con una limolita-pelita laminada sobre la que aparecen cuerpos de arenisca con base levemente erosiva que incrementan en granulometría hasta una arenisca mediana/gruesa. Culminan de manera brusca con limolitas-pelitas.	FO, LS, SB	Depósitos de <i>overbank</i> en la planicie de inundación.
P2	Sm, Sh, Gh, Gcm, Gmh, Gmm, Gp	Ciclos de crecimiento ascendente (10 m de espesor o más) de conglomerado clasto-soportado, conglomerado matriz-soportado y arenita lítica. El conglomerado pobremente clasificado y bien redondeado es normalmente lenticular y presenta estructuras entrecruzadas ligeramente alargadas.	GB, SB, CH, LA	Canales y depósitos de barra de migración en un entorno de fluvial entrelazado. La sucesión estrato-creciente refleja la progradación del sistema fluvial.



P3	Sm, Gmd, Gcd, Gco, Gm, Gh, raro Fl	Conglomerado grueso a bloques lenticulares, desorganizados y amalgamados con lentes menores de arenisca muy gruesa a sábulo	GB, SG, CH	Depósitos de abanico aluvial proximal.
----	---	--	------------	--

**Asociación de Facies 1 (P1):** Consiste en areniscas gruesas a muy gruesas bien seleccionadas con lentes de conglomerado en menor medida. Se presenta en estratos de 2 a 6m de espesor, lenticulares en sección transversal, continuas lateralmente por algunas decenas de metros, pudiendo gradar lateralmente a la asociación P2. Las areniscas muestran pobre estructura, presentando estratificación horizontal (Sh), entrecruzada planar (Sp) o tangencial de bajo ángulo (St). Los elementos arquitecturales incluyen canales (CH), formas de lecho arenosas (SB) y acreción lateral pobremente preservada (LA). Lentes de conglomerado clasto soportado (Gco) están presentes subordinadamente.

La geometría lenticular combinada con las facies de arenisca indica una arquitectura de barra, depositada en flujos rápidos en canales pobremente confinados. La depositación rápida en un patrón de canal y barra está indicada por la ausencia de superficies internas limitantes y la geometría lateral continua de los cuerpos. Las litofacies St y el elemento LA pobremente desarrollado podrían representar depósitos de corte y relleno o canales someros aislados (Miall, 1985) y agradación vertical. La litofacies Sp representaría barras arenosas (Bridge, 2003). La extensión lateral discontinua y la ausencia de cosets sugiere una progradación ocasional del margen de barra (Crews y Ethridge, 1993) durante la disminución de la energía del flujo.

**Asociación de Facies 2 (FA2):** Ciclos apilados estratocrecientes (10 m de espesor o más) de ortoconglomerado clasto-soportado, ortoconglomerado matriz-soportado y arenita lítica. El conglomerado pobremente clasificado y bien redondeado es normalmente lenticular y presenta estructuras entrecruzadas ligeramente alargadas de bajo ángulo. Los cuerpos de arenisca lítica son de grano medio a grueso, de geometría tabular, y varían desde laminación gruesa y horizontal hasta estratificación entrecruzada. Los escasos niveles de arcilita son macizos a ligeramente laminados.

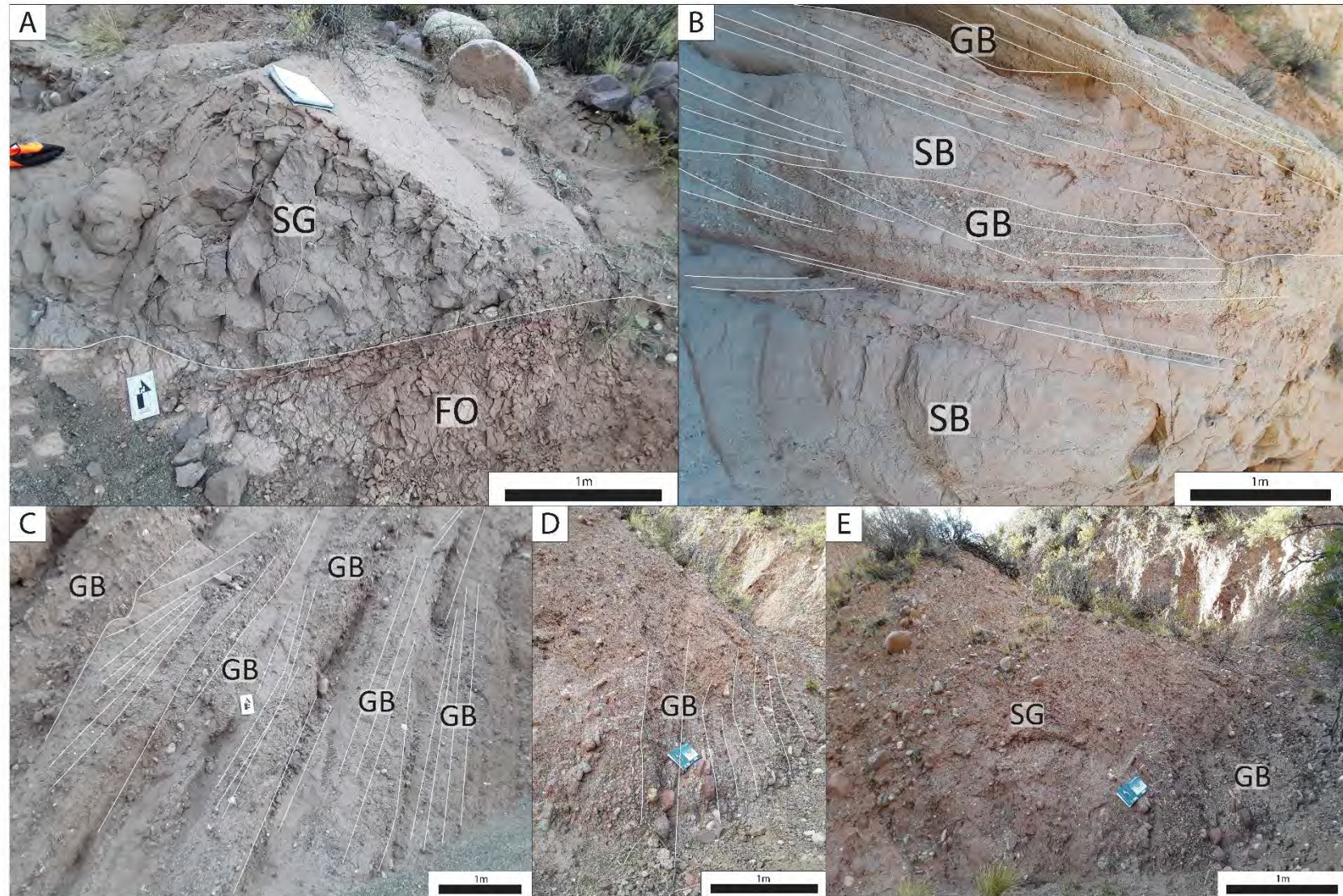
El conglomerado se encuentra normalmente con gradación normal, bases erosivas agudas, formas lenticulares y un tamaño de clasto que varía desde conglomerado fino hasta bloques. Es interpretado como una facies de canales en un sistema fluvial entrelazado. El conglomerado con estratificación cruzada plana y de ángulo bajo y la arenita lítica estratificada asociada, se interpretan como

depósitos de barras migratorias en un sistema fluvial entrelazado profundo (Miall, 1977; Nemec y Steel, 1984). La sucesión creciente-ascendente refleja la progradación del sistema fluvial entrelazado.

**Asociación de Facies 3 (FA3):** Está compuesta por ortoconglomerados gruesos a bloques clasto-soportados, pobremente seleccionados y polimícticos. El tamaño y distribución de los clastos es polimodal, mostrando gradación normal a inversa, con imbricación moderada a pobremente desarrollada. Se dispone en geometrías lenticulares a tabulares (muchas veces difícil de observar), con superficies netas y erosivas sobre areniscas y arcilitas. Internamente no presentan estructura ni límites bien definidos. Pueden presentar lentes pequeños (1m de longitud y >0.5m de espesor) de arenisca masiva (Sm) y conglomerados matriz-soportados (Gmm). Se observan también de manera muy localizada, intercalaciones de arcilitas masivas (Fm). Los elementos arquitecturales están vinculados con flujos de gravedad (SG) fluidos y formas de lecho gravosas (GB).

La asociación de facies descrita es interpretada como el resultado de flujos fluidos de alta energía, equivalente a los producidos en canales poco confinados de laderas con pendientes elevadas (Ridgway y DeCelles, 1993; Blair, 1999). La inmadurez textural, el tamaño de los clastos y la fábrica muy pobremente organizada con matriz arenosa, sumado a la casi nula estructura de depositación, lenticular y amalgamada sugieren depositación por flujos fluidos gravitacionales, flujos laminares no canalizados y flujos de corriente canalizados (Nemec and Steel, 1984). Este conjunto de mecanismos depositacionales sugieren un paleoambiente de abanico aluvial caracterizado por eventos intermitentes, de alta energía tales como inundaciones y colapsos gravitacionales (Blikra and Nemec, 1998).





**Figura 3.11.** A – Vista de la Asociación de facies 1 en la Formación Pisungo. B – Asociación de facies 2. C – Asociación de facies 2. D y E – Asociación de facies 3.



## Procedencia

### Areniscas

Los análisis petrográficos en areniscas, en granulometrías menores a 2mm, están mostrados en la tabla A.2. Se analizaron 48 secciones delgadas desde la Formación Lumbrera (techo del *postrift*) hasta el techo de la secuencia de antepaís, utilizando el método de Gazzi-Dickinson (Ingersoll *et al.*, 1984; Zuffa, 1985). Se plotearon a partir del *software* R, teniendo en cuenta los diagramas de Dickinson (1985) y Dickinson y Suczek, (1979). R es un lenguaje y entorno para computación y gráficos estadísticos que proporciona una amplia variedad de técnicas estadísticas y gráficos (modelado lineal y no lineal, pruebas estadísticas clásicas, análisis de series de tiempo, clasificación, agrupamiento, etc.), y es altamente extensible.

### Composición de la fracción clástica

El cuarzo se presenta en sus variedades mono (Qm) y policristalino (Qp). El Qm posee extinción ondulosa, presentándose en algunos casos fracturados.

En el caso de los agregados policristalinos existen variedades con textura poligonal de bordes rectos y "ameboidal" de contactos suturados.

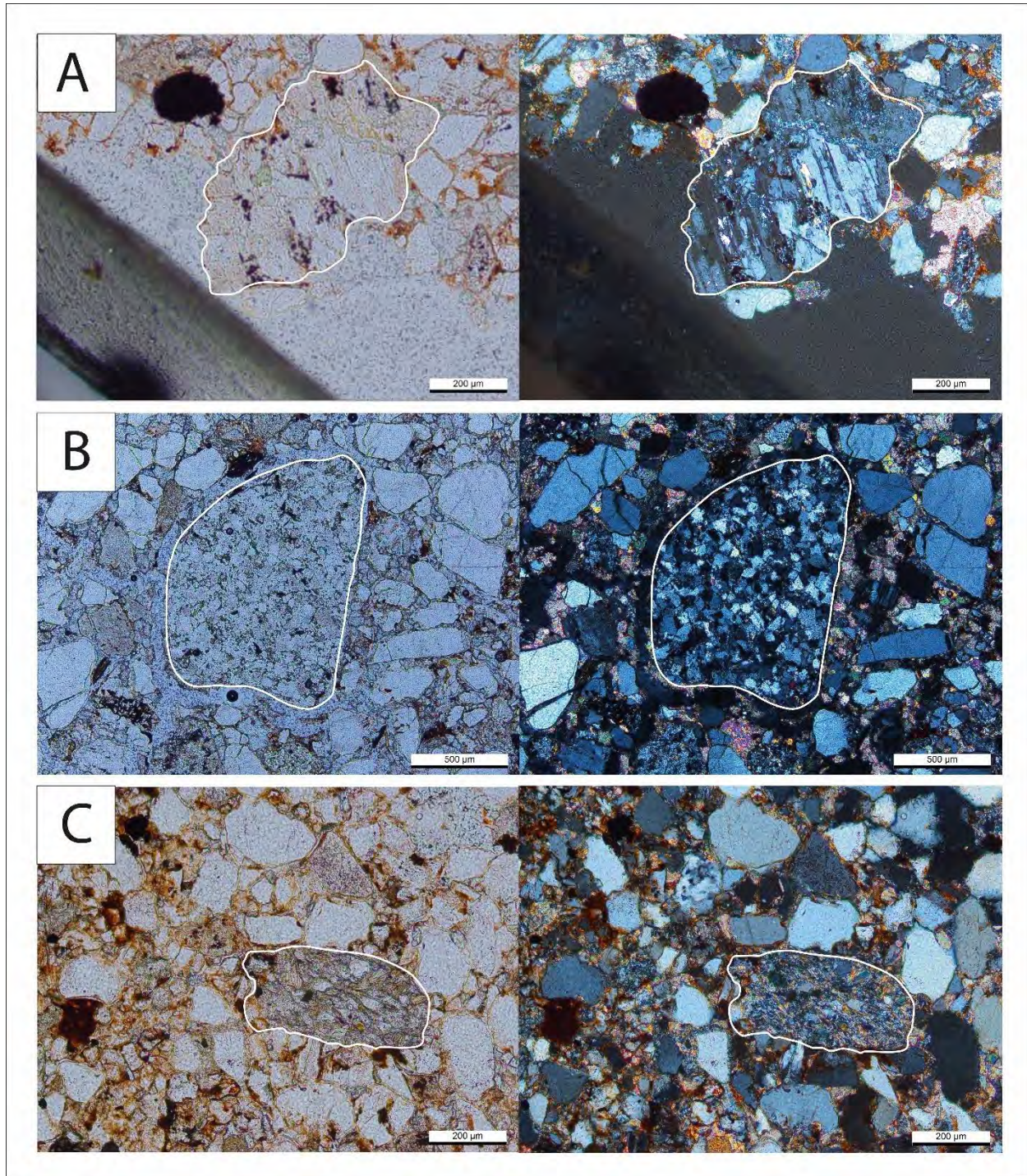
Los feldespatos, en general, son más angulosos que el cuarzo. Predominan las plagioclasas en individuos euhedrales, maclados según ley Albita y Carlsbad. Algunas se presentan zonadas. Las estructuras mirmequíticas son escasas. Los cristales varían entre límpidos y muy alterados. Las alteraciones más frecuentes son: sericita, illita, y calcita. Las fábricas de alteración química observadas en las plagioclasas corresponden a cuatro tipos (Scasso y Limarino, 1997): de corrosión de granos, disolución penetrativa, disolución masiva y reemplazo por calcita.

El feldespato potásico, en porcentajes mucho menores que las plagioclasas, está representado por microclino; la textura peritítica es predominante. Por lo general, los feldespatos potásicos son más frescos que las plagioclasas, con menores alteraciones de calcita y sericita.

Los fragmentos líticos son muy escasos a nulos en las secciones basales mientras que, a medida que avanzamos en la columna, incrementan en proporción con la granulometría. Entre los líticos de origen plutónico se pueden distinguir clastos aislados y alterados pertenecientes a la Faja Eruptiva ordovícica (Figura 3.12.C). Entre los clastos sedimentarios, aparecen areniscas finas cuarzosas y metapelitas asociadas con el Grupo Mesón (Figura 3.12.A) y el Grupo Santa Victoria (Figura 3.12.B) y en menor medida pelitas, metapelitas y metasamitas. Presentan cemento carbonático. Se incluyen en este grupo a los



fragmentos de carbonato de calcio, algunos derivados del Grupo Salta con presencia de ooides en la base de origen intracuencial, producto de precipitación en pequeñas charcas desarrolladas en las planicies de inundación.



**Figura 3.12.** Componentes de la fracción clástica. A – lítico de cuarcita. B – Lítico de metasedimentita del Grupo Santa Victoria. C – Lítico ígneo de la Faja Eruptiva Ordovícica.

Los constituyentes menores más abundantes son las micas, junto a los minerales pesados opacos y no opacos. Estos granos rara vez representan más de un 5% del entramado. Entre las micas, la biotita es más frecuente que la muscovita. Los minerales pesados no opacos presentes son: piroxenos (augita, augita diopsídica, diópsido, hipersteno, pigeonita), anfíboles (hornblenda y oxihornblenda) con bordes kelifíticos, circón, epidoto y turmalina.

#### Matriz

La matriz clástica representa generalmente un bajo porcentaje (1,1% a 12.5%) en ambos perfiles y está compuesta por cuarzo, feldespatos y pocos minerales opacos.

#### Componentes autigénicos

Los procesos diagenéticos más notables incluyen: formación de pátinas (coatings) de óxidos de hierro e impregnaciones, compactación, disolución de cemento y granos del entramado, autigénesis de argilominerales y carbonatos.

El óxido de hierro se presenta en las areniscas estudiadas de la cuenca de Tres Cruces. La hematita es el óxido más común en sedimentos terrígenos que están coloreados de rojo, predominante en todos los depósitos cenozoicos de la cuenca. Este tipo de cemento evidencian condiciones climáticas estacionales con una estación húmeda que favorecía el transporte de los óxidos y una seca en la cual se fijaban al sedimento.

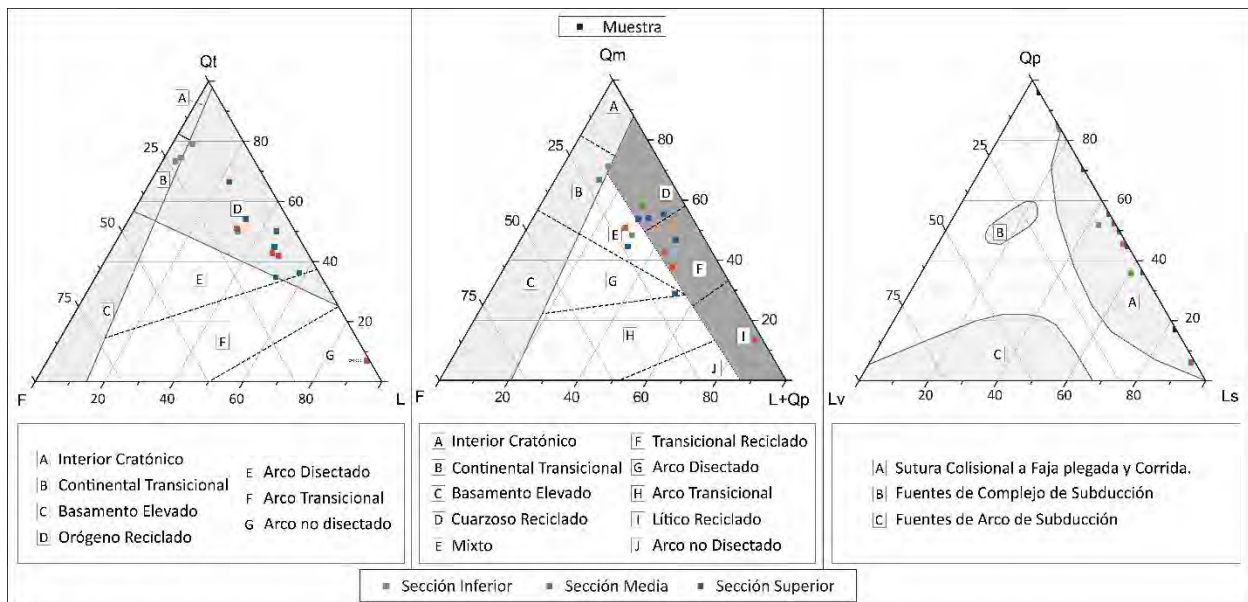
El cemento carbonático incluye calcita libre de hierro, que ocurre como relleno de poros poiquilotópico o granotópico, con crecimiento de cristales hacia el centro de los poros (alcanzan tamaños de hasta 0,2 mm). El cemento carbonático granotópico también ocurre como reemplazos parciales, representando en algunos casos hasta casi un 30% de la muestra.



*Procedencia a partir de diagramas triangulares*

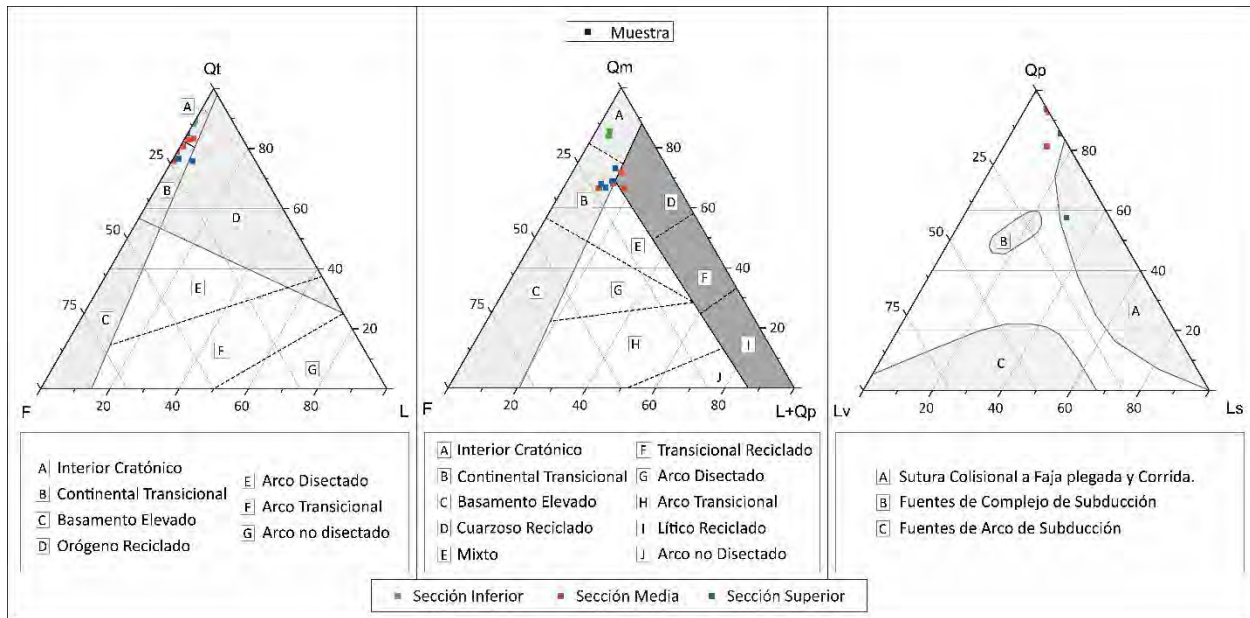
A partir del ploteo del conteo de puntos en las areniscas, se pueden observar algunas tendencias claras en la evolución de las zonas estudiadas.

El sector Oeste de la cuenca está representado por la Figura 3.13, donde se puede observar una dispersión bastante lineal de los datos con tendencias claras en la evolución de la composición de las areniscas a medida que avanzamos en la columna, con un incremento en el contenido de líticos sedimentarios. Esto marca una tendencia representada en el gráfico Qm-F-L+Qp de un interior cratónico/continental transicional a un basamento disectado/cuarzoso reciclado; en el gráfico Qt-F-L de un interior cratónico/continental transicional a un orógeno reciclado; y en el gráfico Qp-Lv-Ls el pasaje de fuentes de aporte ricas en cuarzo a fuentes ricas en líticos sedimentarios, entrando en un ambiente de faja plegada y corrida.



**Figura 3.13.** Diagramas triangulares de procedencia en areniscas para la columna Rio Grande del sector Oeste según Dickinson (1974).

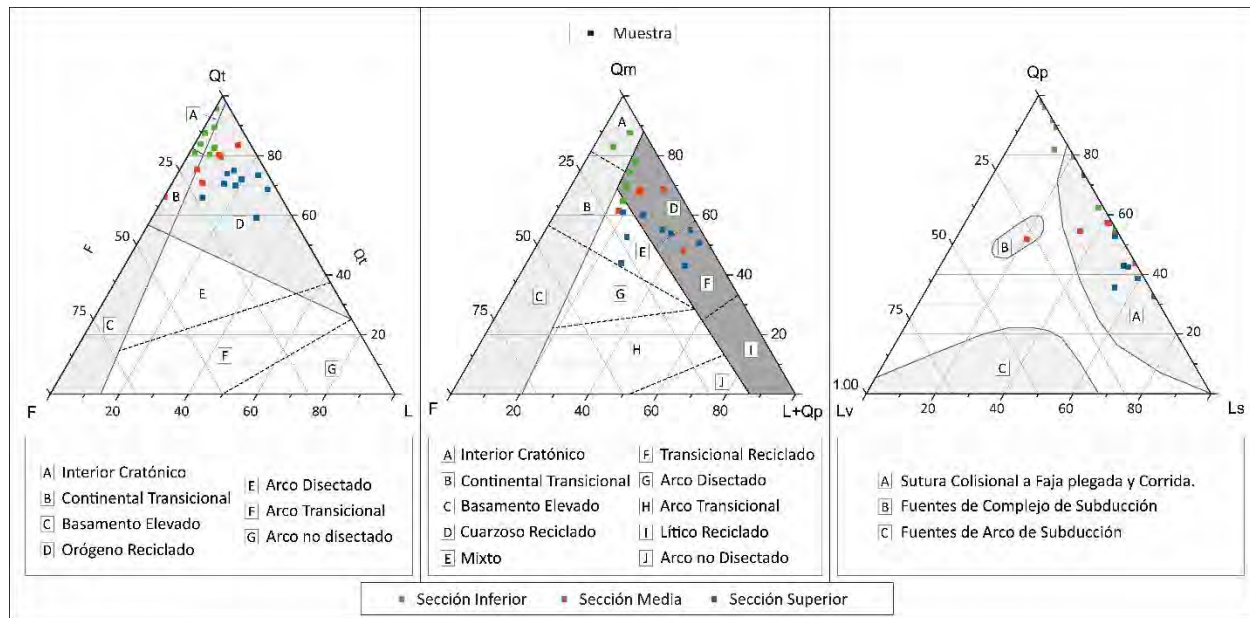
El sector Norte está representado por la figura 3.14, la cual presenta poca dispersión de los datos, donde se produce una concentración de los puntos de conteo. Sin embargo, presenta tendencias similares al sector Oeste, donde el gráfico Qm-F-L+Qp muestra un pasaje desde un interior cratónico a un continental transicional a un mixto/cuarzoso reciclado; el gráfico Qt-F-L muestra una evolución desde un interior cratónico a un continental transicional y el gráfico Qp-Lv-Ls un incremento en líticos sedimentarios que se traduce en fuentes asociadas a un ambiente de faja plegada y corrida.



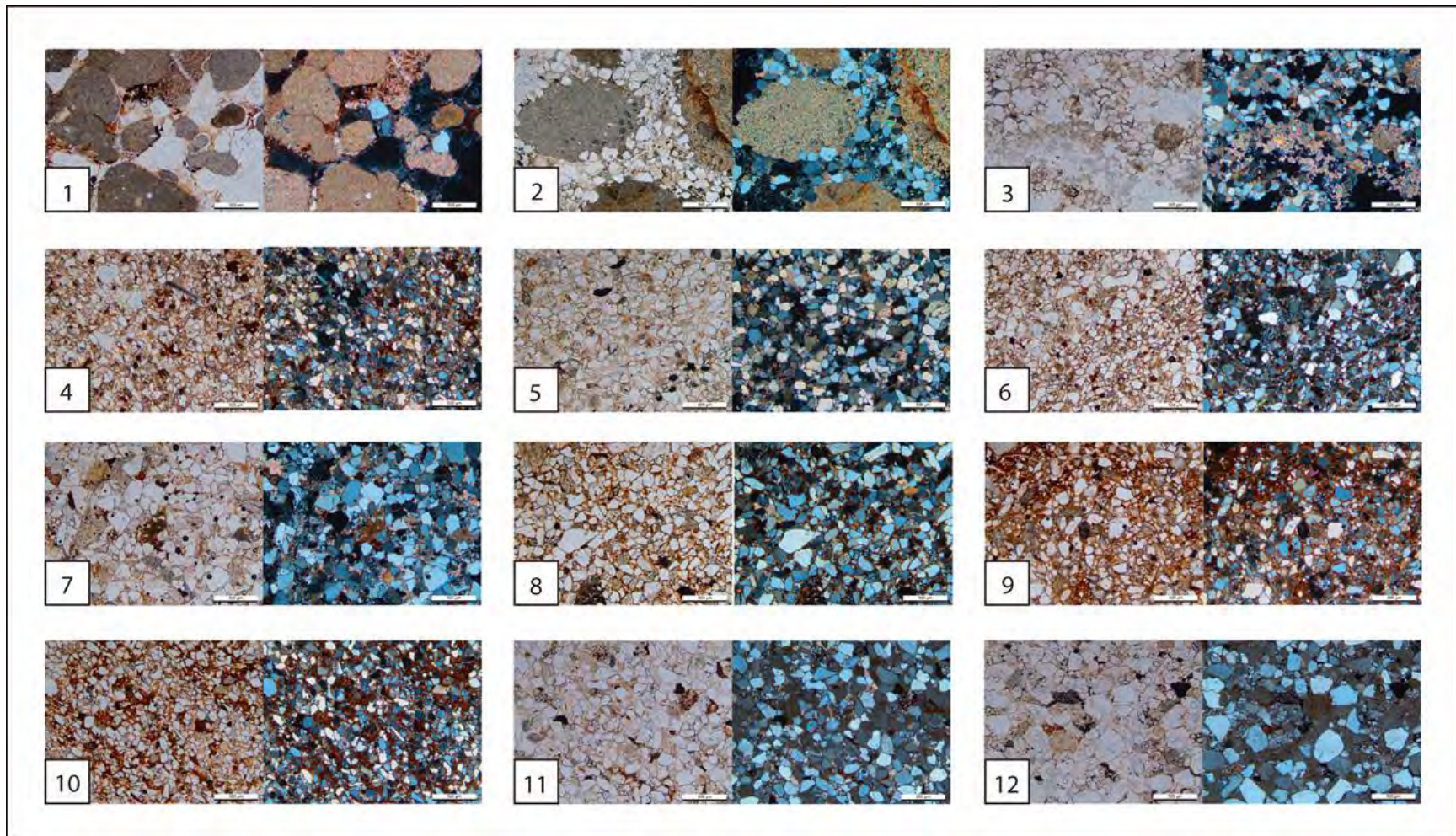
**Figura 3.14.** Diagramas triangulares de procedencia en areniscas para la columna Tres Cruces Pueblo del sector Norte según Dickinson (1974).

Por último, el sector Este presenta una dispersión similar al sector Oeste (Figura 3.15), donde si bien es posible determinar una evolución en las composiciones, no es tan claro como en la columna Oeste ni tan concentrado como sucede en el sector Norte. En este caso, cuando analizamos el gráfico Qm-F-L+Qp vemos una tendencia desde un interior cratónico a un cuarzoso reciclado/mixto finalizando en un transicional reciclado; en el caso del gráfico Qt-F-L se observa una tendencia donde las muestras basales caen en el campo correspondiente a fuentes de interior cratónico pasando por un continental transicional y finalizando en el campo donde las fuentes se asocian a un orógeno reciclado. Finalmente, el gráfico Qp-Lv-Ls muestra una evolución casi lineal con un incremento continuo de los líticos sedimentarios asociados a un ambiente de faja plegada y corrida. Esta columna presenta una muestra con contenidos significativos de líticos volcánicos, cayendo en el campo que representa fuentes asociadas a un complejo de subducción.





**Figura 3.15.** Diagramas triangulares de procedencia en areniscas para la columna Cruz del sector Este según Dickinson (1974).



**Figura 3.16.** Vista de 12 secciones delgadas más representativas de la base de la columna Cruz.

### *Conglomerados*

Las modas detríticas de areniscas y conglomerados reflejan la configuración tectónica de las áreas de proveniencia, así como también los factores sedimentológicos que influyen en la composición. Las tendencias evolutivas en la composición dentro de cuencas individuales comúnmente reflejan cambios en la configuración tectónica a lo largo del tiempo, o modificaciones por erosión de las áreas de aporte de sedimentos. En el caso de la Cuenca de Tres Cruces, el análisis de areniscas detríticas en la base de la secuencia para identificar y comprender el inicio de la cuenca de antepaís sobre el Postrift del Grupo Salta, y el composicional en conglomerados para determinar variaciones en las fuentes de aporte y su vinculación con la tectónica.

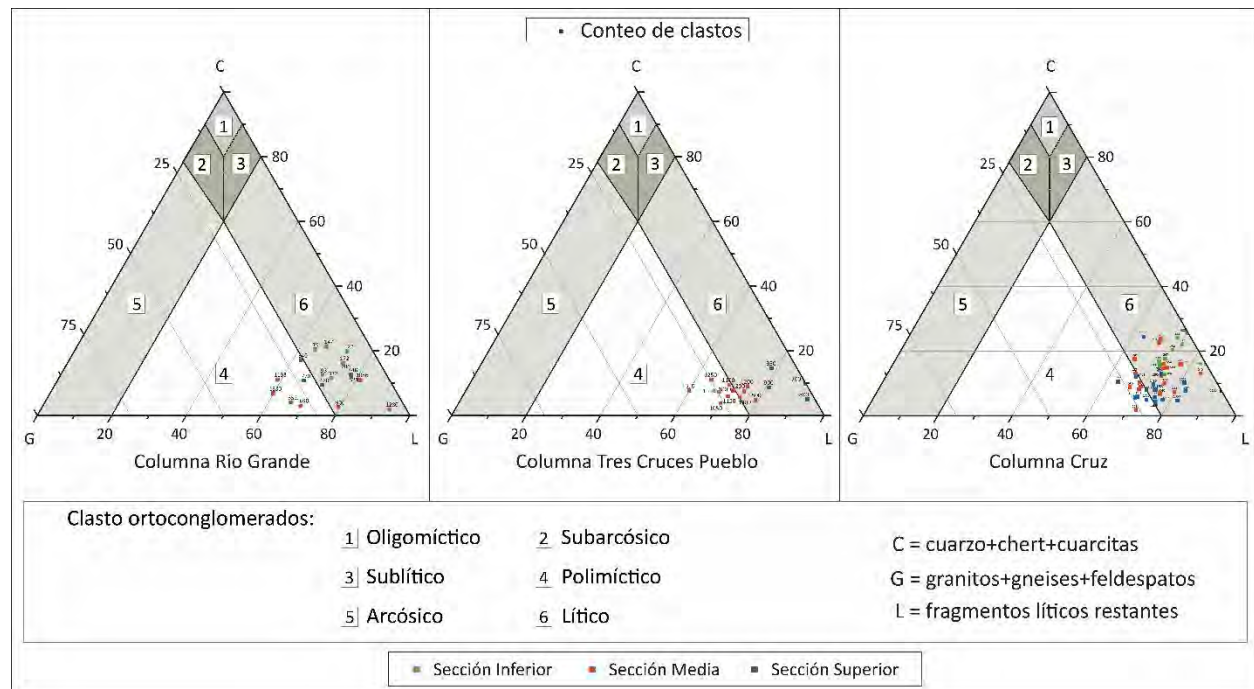
Se tomaron 61 puntos de conteo sobre los cuales se contabilizaron 100 clastos en una grilla con espaciamiento de 20cm. En base a esto se distinguieron 6 tipos de clastos correspondientes a: Grupo Mesón, Grupo Santa Victoria, Subgrupo Pirgua, Subgrupo Balbuena, Subgrupo Santa Bárbara, Ígneos (Faja Eruptiva, Granito Aguilar) y Cuarzo.

Como características comparables y distinguibles entre las tres zonas estudiadas se puede observar un incremento en la cantidad y tamaño de grano de los clastos conglomerádicos desde la base al techo, donde el porcentaje del Grupo Santa Victoria ronda el 30%, apareciendo casi invariable en la composición de los clastos. Lo mismo sucede con el cuarzo que se mantiene en un promedio de 7% y con el Grupo Mesón, cercano al 5%. Diferente es lo que sucede con los clastos ígneos y pertenecientes al Grupo Salta, donde la variabilidad es importante.

### *Procedencia a partir de diagramas triangulares*

Al analizar los gráficos de composición de conglomerados, se puede observar que las tres áreas responden de la misma forma a medida que avanzamos en las columnas hacia sedimentos más jóvenes. Las tres responden con un pasaje desde un clasto-ortoconglomerado lítico hacia un clasto-ortoconglomerado polimíctico, lo cual está asociado al incremento de fuentes de aporte ígneas asociadas posiblemente a la exhumación del Granito Aguilar, Granito Abra Laite y otros complejos más distales al Oeste como podría ser el Granito Tusaquillas (Cretácico; Seggiaro, 1987) (componente de la sierra oeste de la cuenca de Guayatayoc) o la Dacita Pan de Azúcar (Mioceno Medio; Caffè, 2002) en el distrito de Pozuelos.





**Figura 3.16.** Diagramas triangulares de procedencia en conglomerados según Scasso y Limarino (1997).

#### Procedencia a partir de gráficos lineales

Al analizar la variación en la composición de los clastos de manera lineal sobre las columnas, se puede apreciar de manera más clara las variaciones en las fuentes de aporte en cada área.

En el sector Oeste, las características de las fuentes de clastos de conglomerados nos muestran un porcentaje casi constante de clastos del Grupo Santa Victoria promediando un 60% de la participación, con picos con puntos de muestreo donde superan el 80%. En cuanto a los otros componentes, por lo general se mantienen constantes, observándose una relación inversa entre los componentes de los subgrupos Pirgúa y Balbuena, donde se observa un incremento del primero y un detrimento del segundo de un 3% a un 20% promedio para Pirgúa y de un 10% a menos del 1% para Balbuena. El contenido del cuarzo y de los componentes ígneos no presenta variaciones significativas. Una característica que presenta este gráfico es que se pueden observar algunos pulsos claros donde los componentes del Grupo Salta incrementan considerablemente su participación. Esto se puede observar en los segmentos comprendidos entre los 150 – 250m, 500-600m y 950- 1100m. Si bien no es claro el porqué de estos pulsos, podrían vincularse con ciclos de rejuvenecimiento de las fuentes de aporte, dado que en esos segmentos incrementa considerablemente la participación del Subgrupo Balbuena, en menor medida el Subgrupo Pirgúa y decrecen considerablemente los componentes del Grupo Santa Victoria.



En el sector Norte la aparición de conglomerados se da a los 750m aproximadamente, con un porcentaje de clastos del Subgrupo Balbuena de más del 50% que va en detrimento hasta desaparecer a los 1000m. Consecuentemente se observa un incremento del Grupo Santa Victoria de un 30% a un 50% a los 900m que mantiene constante y la aparición de clastos ígneos que incrementa desde un 1% en la base hasta un 25% a los 1000m que mantiene constante hasta el final del perfil. El cuarzo, el Grupo Mesón y el Grupo Pirgua se mantienen relativamente constantes. En este sector se observa una participación más importante de clastos ígneos, así como una relación inversa muy marcada entre el volumen de material del Grupo Salta vs. Ígneos + Grupo Santa Victoria. Esto puede estar relacionado con la exhumación y erosión total del Subgrupo Balbuena y la aparición de algún cuerpo ígneo. La aparición de clastos del Subgrupo Balbuena a los 1350m podría estar asociada con una canibalización de sedimentos terciarios o bien, con la exhumación de una nueva fuente de aporte compuesto por estas unidades.

En el sector Este la aparición de conglomerados se da a los 450m de espesor con la presencia de más del 60% de clastos del Grupo Santa Victoria, un 20% del Subgrupo Pirgua, un 15% de Cuarzo y poca participación de clastos ígneos. Se observa muy poca variación a lo largo de la columna, con porcentajes que se mantienen relativamente constantes, con apariciones esporádicas que pueden superar el 5% del Subgrupo Balbuena y algunos picos donde se observa un detrimento del Grupo Santa Victoria a los 650m, 1250m, 1600 y 2000m, donde se observa un incremento en las categorías Cuarzo, Balbuena e Ígneos y que podría estar relacionado con pulsos de aporte de estos materiales vinculados al levantamiento de alguna fuente de aporte.

Como se puede observar tanto en la figura 3.17 como en la descripción realizada, el único patrón que puede servir de comparación entre las áreas es el contenido constante por encima del 40% de la fracción compuesta por el Grupo Santa Victoria. Más allá de eso, se puede decir que hay una interacción muy compleja entre las áreas, las cuales van a ser objeto de discusión.

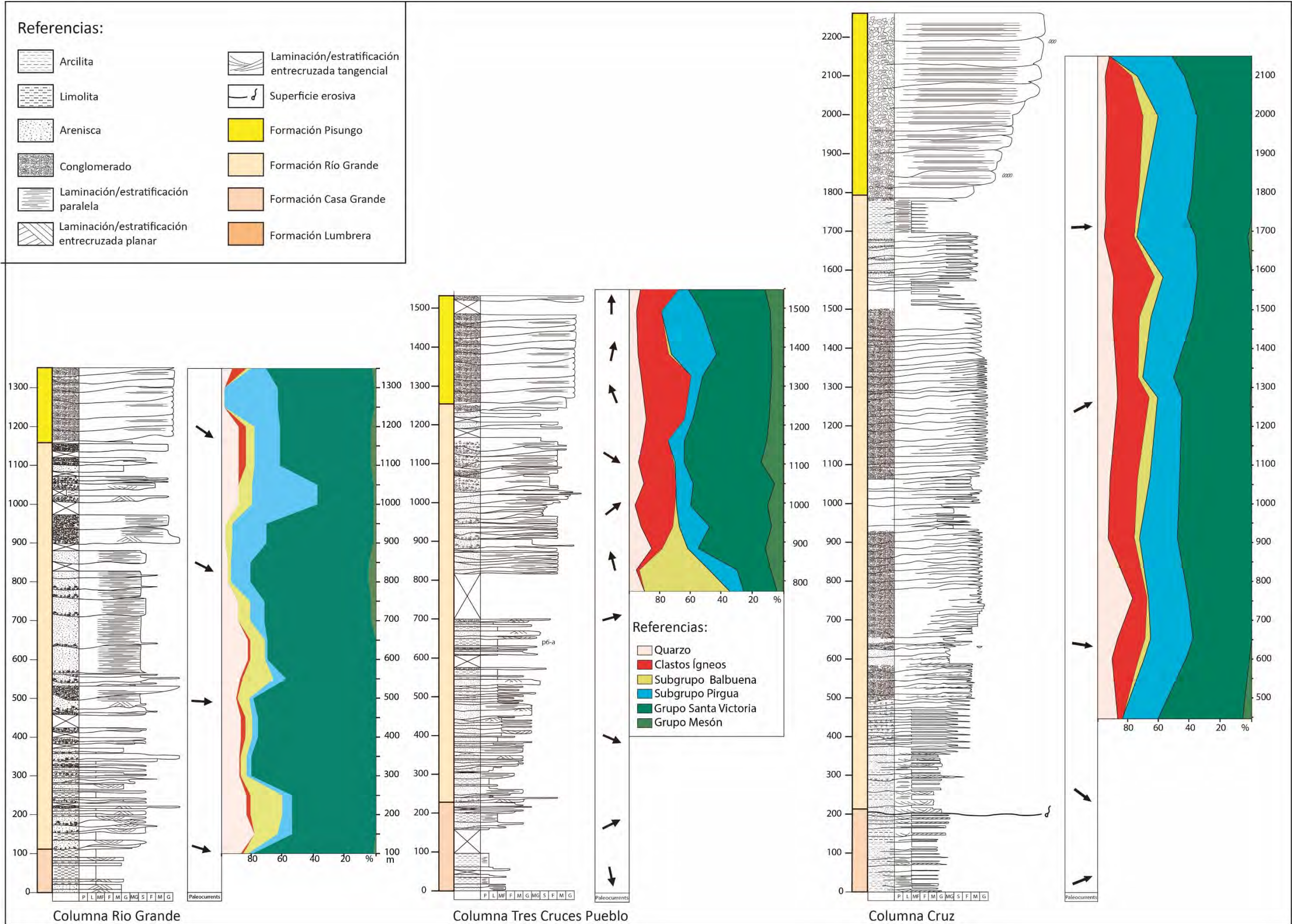


Figura 3.17. Columnas estratigráficas con procedencia de conglomerados.



## CAPÍTULO 4



## ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DE TRES CRUCES

## CAPÍTULO 4: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA CUENCA DE TRES CRUCES

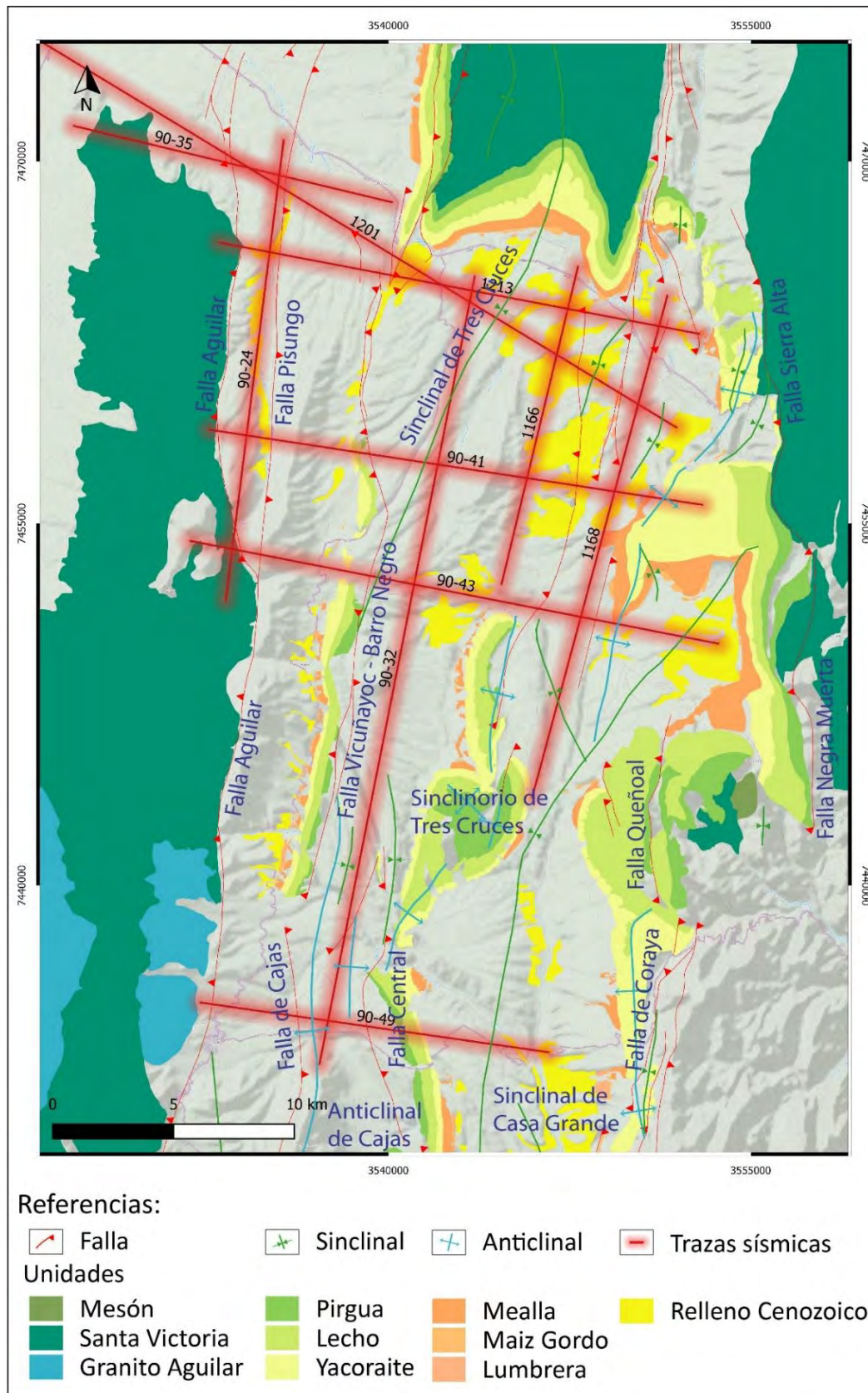
### Introducción

El siguiente capítulo contempla las metodologías para el abordaje de la estructura de la cuenca de Tres Cruces y los resultados del análisis de secciones W-E interpretadas y retrodeformadas. Para el mismo se utilizaron tres líneas sísmicas cedidas por la Dirección de Minería de la Provincia de Jujuy, sobre las cuales se interpretó la estructura del sector centro-norte de la cuenca. Sobre la base de estas secciones, a partir de un mapeo geológico a detalle de las unidades y principales estructuras y un volumen importante de datos estructurales, se elaboró un modelo estructural en profundidad. A su vez se realizó una retrodeformación de las mismas y se determinó un valor de acortamiento promedio para cada sección, tanto en longitud en metros como en longitud porcentual. En base a este modelo balanceado, se establecieron los principales mecanismos de deformación y un análisis de las principales estructuras de la cuenca.

### Materiales y Métodos

La Cuenca de Tres Cruces ha sido investigada intensamente durante la década del '70 y '80 con interés petrolero (Boll y Hernández, 1986; YPF; TEXACO), generando un gran volumen de información. Es así que la misma presenta mapas geológicos superficiales a escala 1:100.000, sísmica 2D y 5 pozos prospectivos (Figura 4.1), información que fue proporcionada por la Dirección de Minería de la Provincia de Jujuy (tabla 4.1 y 4.2).





**Figura 4.1.** Mapa del área de estudio con la ubicación y extensión de las líneas sísmicas y los pozos prospectivos.

<b>Tabla 4.1.</b> Líneas sísmicas de reflexión en el área de Tres Cruces			
<b>LÍNEA</b>	<b>Coordenada límite Este (X – Y – Z)</b>	<b>Orientación de la sección</b>	<b>Longitud (Km)</b>
1201	3551953.0 m - 7459221.0 m - 4008.5 m	N121°	45.884
1213	3552926.2 m - 7463055.3 m - 3998.0 m	N101°	20.127
1166	3544770.9 m - 7452596.0 m - 4048.8 m	N013°	13.652
1168	3551606.0 m - 7464691.0 m - 4000.9 m	N015°	21.491
90-24	3535770.0 m - 7471095.0 m - 3845.0 m	N007°	19.378
90-32	3537262.9 m - 7432884.5 m - 3886.0 m	N011°	33.072
90-35	3540247.0 m - 7468511.0 m - 3869.3 m	N103°	13.640
90-41	3553024.4 m - 7455970.9 m - 4115.3 m	N099°	20.586
90-43	3553719.2 m - 7450238.4 m - 4082.2 m	N101°	22.243
90-49	3546695.1 m - 7433339.4 m - 4044.9 m	N098°	14.549

Las secciones sísmicas estudiadas son en su mayoría inéditas y fueron brindadas en formato \*.sgy conteniendo los datos de sísmica de reflexión necesarios para su visualización mediante software específico como el Seis View 2, Petrel y Move, mediante el cual se pueden procesar los datos y parámetros para adecuar la interpretación de las mismas. En los archivos \*.sgy se encuentra la información anexa necesaria para su georreferenciación dentro de la cuenca de Tres Cruces: las extensiones horizontales, la cantidad de estacas y su distanciamiento, el plano de referencia horizontal y las coordenadas de origen y fin (Tabla 4.1).

De los pozos prospectivos, la Dirección de Minería de la Provincia de Jujuy brindó los legajos escaneados con la información de cada pozo. A partir de esto, se construyó una base de datos donde se generaron archivos delimitados por comas (\*.cvs) de los contactos descriptos a partir de *cutting*, la presencia de fallas, el desvío de los pozos y en el caso del pozo “Cerro Ramada”, un archivo con el perfil sísmico desarrollado, utilizado para migrar a profundidad las líneas sísmicas.

En paralelo, se desarrollaron campañas sobre las cuales se colectaron datos de las principales estructuras de la cuenca (rumbo y buzamiento de afloramientos sedimentarios, ejes de pliegue, fallas, contactos entre unidades) para contar con control superficial mínimo para apoyar la interpretación (Figura 4.3). En función de estos datos se creó un mapa geológico a detalle 1:25.000 de la cuenca a partir del software SIG Qgis de uso libre. Los datos estructurales puntuales (RBZ) se cargaron en tablas con su respectiva ubicación y se generaron archivos delimitados por comas para su posterior carga (\*.cvs) (Apéndice – Tabla A.7).

Se incorporaron los datos recolectados en el software MOVE de la empresa Midland Valley con licencia académica de la UNLP y la Universidad de Potsdam. Este software presenta un kit de herramientas de análisis y modelado estructural, proporciona un entorno digital completo para el modelado estructural, para reducir el riesgo y la incertidumbre en los modelos geológicos. A su vez, su plataforma permite integrar e interpretar datos, construir secciones transversales, modelos 3D, restauración y validación cinemática, modelado geomecánico, modelado de fracturas, modelado de respuesta de fallas y análisis de fallas y estrés entre otras funciones. Para homogeneizar toda la información se utilizó una proyección Gauss Kruger, presente en la información provista. Se cargaron las secciones sísmicas en formato \*.sgy; se cargaron los pozos a partir de las coordenadas y se proyectaron los contactos y los desvíos; se cargaron los datos estructurales de RBZ y el mapa georreferenciado. Se hizo un especial tratamiento de las líneas sísmicas, las cuales fueron migradas a profundidad a partir del pozo prospectivo “Cerro Ramada”, y una función del software que permite migrar a profundidad cada sección en función de un modelo de velocidad asumiendo una homogeneidad en los sedimentos presentes en la cuenca y teniendo en cuenta un error a partir de la distancia con esas líneas. Si bien correr este modelo de velocidad puntual para todas las secciones de la cuenca es peligroso porque induce muchísimo error, fue la única herramienta con la que contamos para poder migrar a profundidad el modelo y brindar una aproximación a la deformación de la cuenca. La integración de todos los datos ayudó a disminuir esa incertidumbre.

En base a la información proporcionada y al modelo generado, se seleccionaron tres líneas Oeste - Este con una longitud promedio de 20km distanciadas entre 5 y 7Km en sentido Norte Sur: línea 1213, línea 90-41 y línea 90-43. La calidad y antigüedad de estas, permite un análisis cinemático robusto de las estructuras en profundidad para comparar con los trabajos previos y para generar un nuevo modelo de la estructura. Se utilizaron más de 400 datos de rumbo y buzamiento (Tabla Anexa) y 3 pozos: Barro Negro, Lomas de Tejada y Cerro Ramada (Tabla 4.2).

<b>Tabla 4.2.</b> Pozos de prospección en el área					
<b>Nombre</b>	<b><i>Northing</i></b>	<b><i>Easting</i></b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Tipo de pozo</b>	<b>Profundidad (m)</b>
Loma de Tejada	7.460.589,00	3.549.655,00	3.643,00	Exploratorio	1.600
Cerro Ramada	7.472.547,34	3.533.225,33	3.602,97	Exploratorio	3.263
La Encrucijada	7.473.232,00	3.535.715,00	3.618,12	Exploratorio	1.584
Mula Aguada	7.461.810,00	3.539.095,00	3.825,00	Exploratorio	2.962

Barro Negro	7.458.460,00	3.539.050,00	3.880,00	Exploratorio	2.700
-------------	--------------	--------------	----------	--------------	-------

Para el tratamiento de las líneas sísmicas, se eligió una banda de colores gris, utilizando un ancho espectral de 190.000 con el cual se consiguió una buena resolución de las estructuras principales. Para la construcción de una interpretación geoméricamente viable, asumimos un espesor constante de las unidades paleozoicas y mesozoicas a lo largo de cada sección. A su vez, a la hora de la reconstrucción palinástica se utilizó el supuesto del uso de la conservación en la longitud de líneas para la validación geológica de la interpretación (Dahlstrom, 1969) y se aplicó exclusivamente el algoritmo de pliegues por flexión de falla (*fault-bend folding* - Suppe, 1983) para la construcción de un modelado directo de las estructuras (*forward modelling*). Este método es una simplificación dado que los pliegues por flexión de falla no pueden explicar todas las geometrías de los pliegues en la naturaleza.

#### Flujo de trabajo para en análisis estructural

##### *Interpretación y aproximación a un modelo de estructura regional*

La geometría de los horizontes cercanos a la superficie, en general está controlada por los afloramientos expuestos, lo que nos permite una validación inicial de la interpretación sísmica a partir de la integración de estas estructuras con los datos de pozo. En un segundo paso, se utilizó el flujo de trabajo para la validación de modelos de Malz *et al.* (2015) para construir modelos estructurales basados en información geofísica y geológica. En primera instancia fue desarrollada una estratigrafía simplificada, tomando en cuenta espesores de superficie y espesores teóricos no aflorantes. Para reducir el error y dado que no se contaba con espesores en superficie del basamento pre-rift, se optó por incluir estos depósitos como una unidad que a partir de ahora llamaremos “depósitos pre-rift”. A partir de esta estratigrafía de base, se completó cada sección, utilizando información regional sobre espesores de las formaciones. Esta aproximación permitió un significativo avance para identificar los principales despegues involucrados en la deformación andina. Para mejorar el control geológico y estructural entre las secciones E-O, se utilizaron dos líneas Norte - Sur (Línea 90-32 y 1168) que intersectan las anteriores y permitieron correlacionar las estructuras y generar una coherencia entre la interpretación de las secciones sísmicas, la información geológica de superficie, los espesores regionales y los datos de pozo. Sucesivas interpretaciones y reinterpretaciones fueron realizadas hasta lograr un modelo coherente y comparable entre las diferentes secciones a partir del cual, se pudo realizar una sección balanceada.



### *Reinterpretación y reconstrucción palimpástica*

A partir de esta aproximación se construyó la primera interpretación geológicamente retrodeformable, asumiendo un espesor relativamente constante de la sucesión del Grupo Salta sobre toda la sección investigada y utilizando geometrías de pliegues tipo *kink*. La primera interpretación fue modificada subsecuentemente hasta lograr un balance de longitud de capas. Varios ciclos de prueba y error en la construcción de las secciones y la retrodeformación y sucesivas modificaciones fueron llevadas a cabo antes de tener una sección 2D geoméricamente viable. Para lograr esto, los aspectos inciertos de la interpretación de los datos (zonas con ambigüedad en la sísmica, pobres afloramientos en superficie) fueron tomados en cuenta. Por otra parte, las propiedades mecánicas de las sucesiones estratigráficas fueron tenidas en cuenta a la hora de realizar la retrodeformación, considerando un despegue basal y niveles secundarios de despegue. Como resultado de la retrodeformación, una primera estimación del valor del acortamiento para cada sección fue obtenida.

### *Construcción de una configuración inicial*

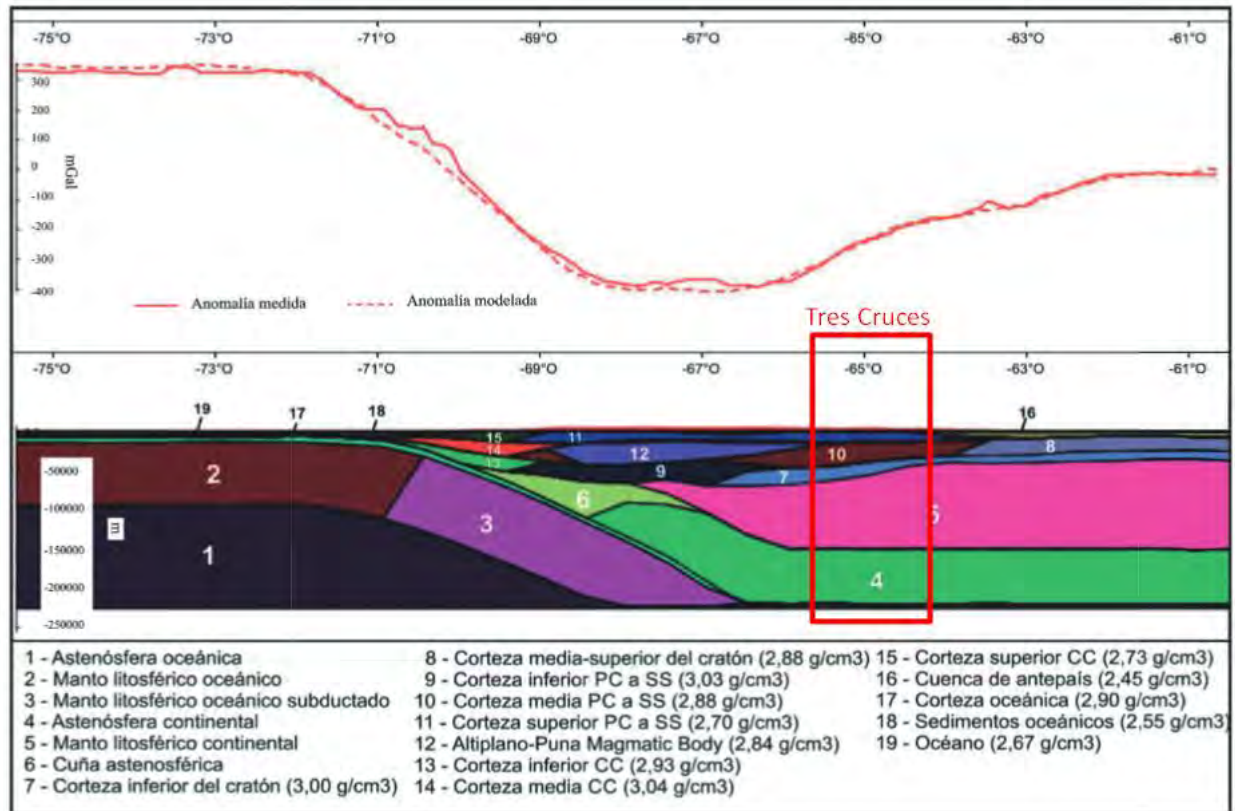
El rasgo más característico de la cuenca es la existencia de estructuras de alto ángulo y gran profundidad heredadas del basamento, relacionadas con fallas normales producto del *rift* mesozoico (Kley y Monaldi, 2002). Estas fallas condicionaron la depositación del Grupo Salta, al menos el desarrollo inicial de la misma. La inversión tectónica ha sido frecuentemente invocada entre los mecanismos que influyen en la definición de las zonas de doble vergencia y retrovergenza que muestra el orógeno andino en el noroeste argentino, donde las estructuras del basamento jugaron un papel primario en la localización tanto de las fallas normales cretácicas posteriormente reactivadas como de las fallas inversas andinas (Hongn *et al.*, 2010). La edad de estas fallas está pobremente acotada, solo a partir de algunas dataciones en el Subgrupo Pirgua en otras cuencas, permitiendo interpretar un evento extensional en el Mesozoico Tardío. Es por esto que el modelo cinemático tiene que tener en cuenta la configuración estructural pre-deformación andina. Una vez considerado el escenario pre-deformación andina, se reconocieron sectores dentro de las secciones sísmicas con un buen desarrollo de la cubierta cenozoica por encima del Grupo Salta sobre los cuales, teniendo en cuenta la baja calidad de la sísmica, se pudieron establecer secuencias sindeformacionales. Al trabajar con espesores variables del Grupo Salta, el resultado de la configuración inicial mostró las sucesiones horizontales al techo del Grupos Salta en un estadio pre-depositación de los depósitos de Antepaís.

Considerando el escenario pre-deformación andina, la “situación inicial” sobre la cual se trabajó fue nuevamente el resultado de modificaciones continuas e interactivas de la aproximación por el

modelado directo de las estructuras (*forward modelling*). Los modelos de deformación para ambientes compresivos en general se explican con fajas plegadas y corridas de piel fina o piel gruesa (Jordan *et al.*, 1983). Cuando se abordó el estudio de esta cuenca, se partió de una idea de este tipo. La contextualización y el estudio de la misma a partir de lo explicado en los párrafos anteriores, hizo que la aproximación al modelo de evolución estructural fuera más compleja que los modelos clásicos para este tipo de cuencas.

#### Ubicación del despegue basal

Ubicar el despegue basal entre los 18 y 22km de profundidad fue una decisión tomada en base a los trabajos de Tassara *et al.* (2007) y de Prezzi e Ibarra (2017) donde se describe una notoria discontinuidad entre 20 - 25km debajo del Altiplano el primero, y entre los 14 – 18km los segundos. Tassara *et al.* (2007) describen esta zona como la transición entre la corteza superior del Altiplano/Puna, fría y rígida, la cual no acumula deformación compresional y una corteza inferior caliente y débil la cual acumula y transfiere la deformación hacia el Norte y el Sur. Por esta razón ubican el despegue de basamento que conecta la Sierras Subandinas con la base de la corteza superior de la Puna-Altiplano. Por su parte, Prezzi e Ibarra (2017) coinciden en que entre los 14 – 18km se da una zona de disminución de las velocidades sísmicas en coincidencia con temperaturas cercanas a la isoterma de Curie, las cuales complementan con valores de flujo térmico superficial. En función a esto plantean la ocurrencia de delaminación en esta profundidad.



**Figura 4.2.** Sección 2D del modelo de densidades. Línea roja continua: anomalía de Bouguer medida; Línea roja punteada: anomalía de Bouguer calculada. Tomado de Prezzi e Ibarra (2017).

### Supuestos asumidos en el flujo de trabajo

La suposición de espesor constante de los sedimentos Mesozoicos puede ser que no se cumpla completamente, debido a que el *rift* Jurásico - Cretácico tuvo una expresión en el área que condujo a cambios en cientos de metros y variaciones de facies presumiblemente relacionadas con fallas normales sinsedimentarias, probablemente con raíces en el basamento (Grier *et al.*, 1991; Monaldi *et al.*, 2008). Las observaciones sobre las secciones sísmicas migradas muestran variaciones sutiles de espesor en la base del Grupo Salta, asociadas a fallas normales invertidas que se pueden inferir en algunas de las secciones con cierta cautela, dada la baja calidad y variabilidad en la sobrecarga cenozoica que dificultan las migraciones de profundidad precisas, particularmente a profundidades someras. Se decidió mostrar estas variaciones de espesor, aunque tratándolas con cautela a la hora de modelar.

Otro supuesto asumido durante el balanceo de secciones transversales fue el uso de la conservación en la longitud de líneas para la validación geológica de la interpretación, ampliamente aceptado y considerado en los métodos robustos de viabilidad geométrica (Dahlstrom, 1969;

Woodward *et al.* 1989). Este trabajo tiene en cuenta que la longitud de las líneas de la estratigrafía tiene un comportamiento diferente en la naturaleza, donde se producen cambios durante la deformación producto de compactación por tectónica o carga y disolución por presión (Ramsay y Wood 1973; Hogan y Dunne 2001). Estos cambios van a influir en distintos grados, dependiendo de las características litológicas de las unidades de la columna estratigráfica. Debido a la ausencia de un volumen de datos continuo para cuantificar estos procesos, se prefirió adherir a los supuestos descriptos para generar el modelo.

Durante la reconstrucción palimpástica, se aplicó exclusivamente el algoritmo de pliegues por flexión de falla (*fault-bend folding*, Suppe, 1983) para la construcción del modelado directo de las estructuras. Si bien a la hora de interpretar las secciones se encontraron pliegues por propagación de falla o estructuras que bien podrían ser explicadas por un modelo de *trishear*, se prefirió elegir el método de pliegues por flexión de falla por ser de los más ampliamente descriptos en las secciones y para generar una homogenización del modelo. Este método es una simplificación dado que los pliegues por flexión de falla no pueden explicar todas las geometrías de los pliegues en la naturaleza y por lo tanto, la aplicación de un solo enfoque cinemático claramente definido, el plegamiento por falla, mejoró la comparabilidad de las secciones transversales y el acortamiento generado a lo largo de cada una de estas. El resultado de la interpretación y las observaciones de campo van a ser consecuentemente simplificadas a partir de este algoritmo.



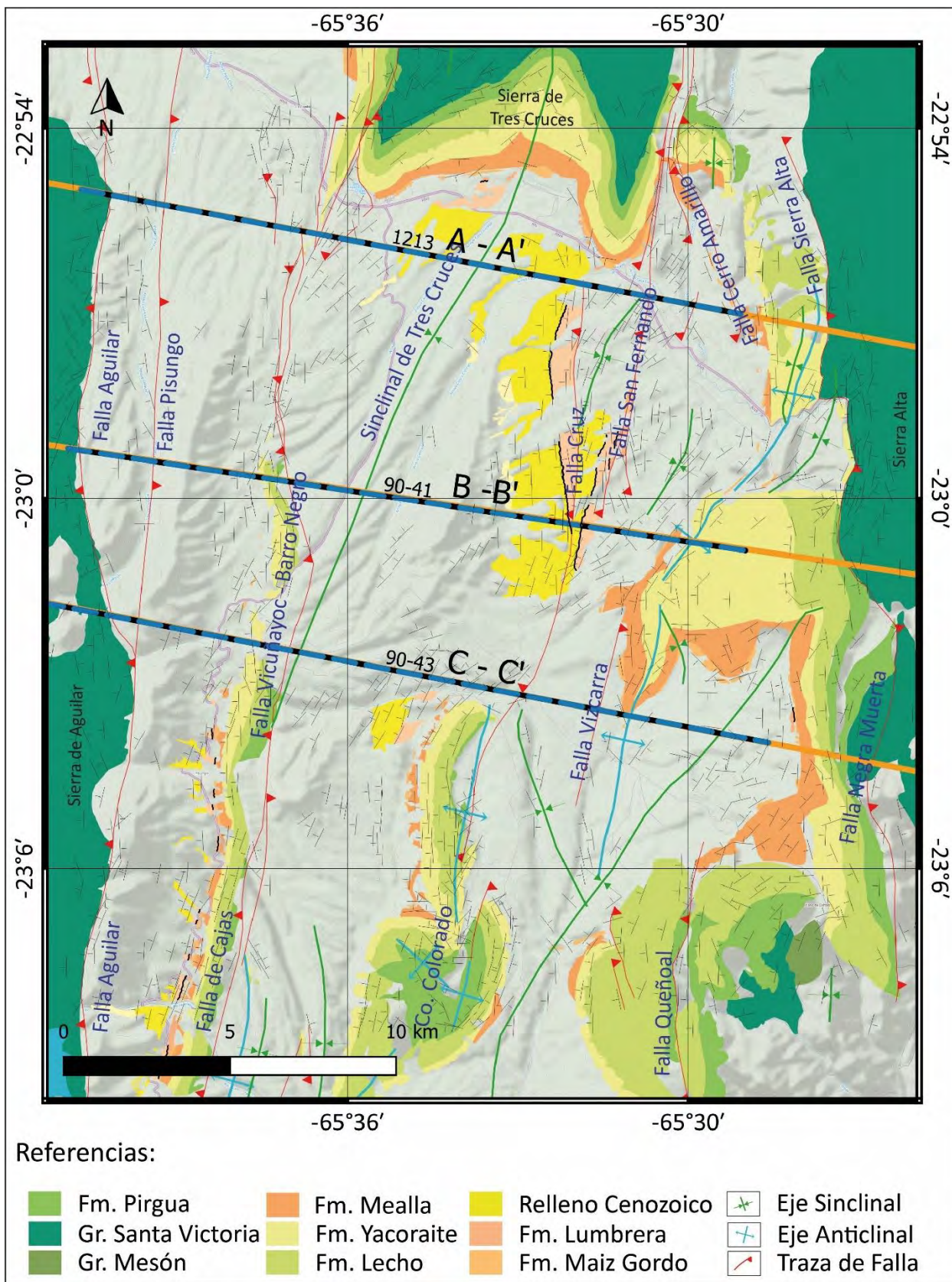


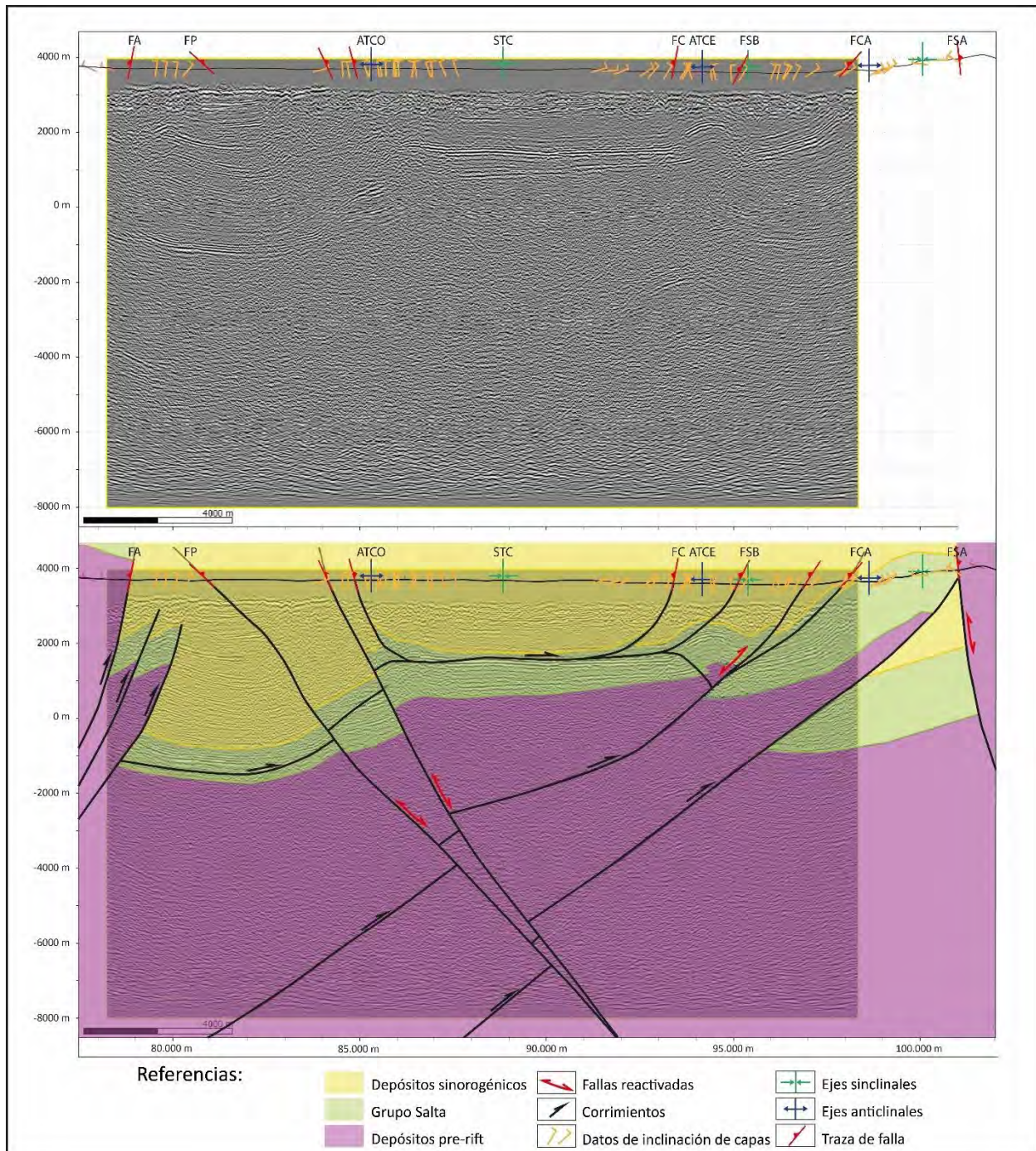
Figura 4.3. Ubicación de las secciones estructurales interpretadas y retrodeformadas.

## Sección A – A'

La sección 1213 presenta una línea sísmica con una longitud de 20.1km y una orientación N101°, con un registro sísmico hasta una profundidad de -8000m con respecto al nivel del mar. A partir del software MOVE, se proyectaron desde superficie 55 datos de rumbo y buzamiento, una estructura anticlinal, tres estructuras sinclinales y nueve fallas (Figura 4.3). En función de estos datos y los contactos entre las unidades tomados del mapa geológico, se generó un modelo estructural (Figura 4.4).

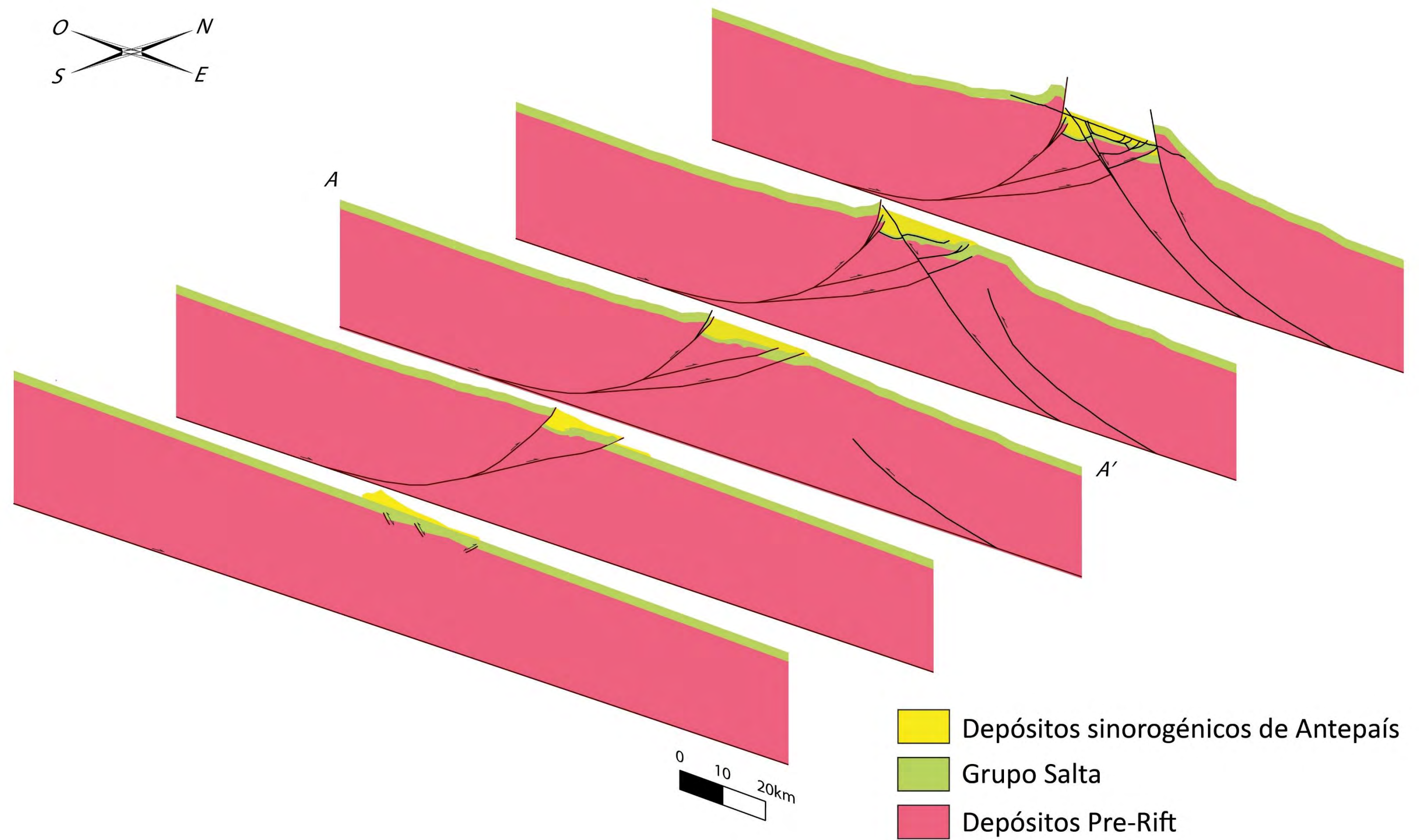
Las características que sobresalen en la sección son las fallas Aguilar y Sierra Alta (Figura 4.3 y 4.4), las cuales limitan la cuenca y concentran la mayor deformación de la traza, con desplazamientos inversos que superan los 3000m. Internamente se puede observar una fuerte interacción entre corrimientos con vergencia oeste y vergencia este, donde los últimos son cronológicamente más nuevos por relación de corte. A su vez se pueden visualizar tres fallas normales invertidas, identificadas por incrementos de espesor del Grupo Salta contra estas superficies. Internamente se puede dividir en tres sectores: un sector Oeste representado por un depocentro sinclinal con más de 4000m de sedimentos cenozoicos de antepaís limitado al Oeste por la Falla Aguilar y al Este por la Falla Pisungo, con vergencias opuestas (Figura 4.3). En la zona central se puede observar un suave sinclinal con una disminución considerable de sedimentos cenozoicos y en el sector Este un sinclinal-anticlinal que expone el grupo Salta limitado por fallas de vergencia este. Los rasgos de deformación secundaria están asociados a corrimientos de piel fina sobre el relleno cenozoico, generando estructuras de tipo pliegue por propagación de falla (Figura 7.5), encontrándose en la zona central de la cuenca. A su vez, se pudo identificar en el campo zonas con deformación intraformacional como lo es la Formación Maiz Gordo del Grupo Salta (Figura 7.4), unidad que junto con la Formación Yacoraite presentan características para asociarlas a zonas de despegue. La reconstrucción balanceada a partir de modelado directo de las estructuras representada en la figura 4.5, nos muestra un acortamiento total de la sección de 19,239km, correspondiente a un acortamiento porcentual del 10,7% (Tabla 4.3).





**Figura 4.4.** Esquema del proceso de interpretación de la línea sísmica 1213. Se pueden observar las fallas y pliegues principales en superficie interpretadas en profundidad. (FA) Falla Aguilar. (FP) Falla Pisungo. (ATCO) Anticlinal Tres Cruces Oeste. (STC) Sinclinal Tres Cruces. (FC) Falla Cruz. (ATCE) Anticlinal Tres Cruces Este. (FSB) Falla Santa Bárbara. (FCA) Falla Cerro Amarillo. (FSA) Falla Sierra Alta.





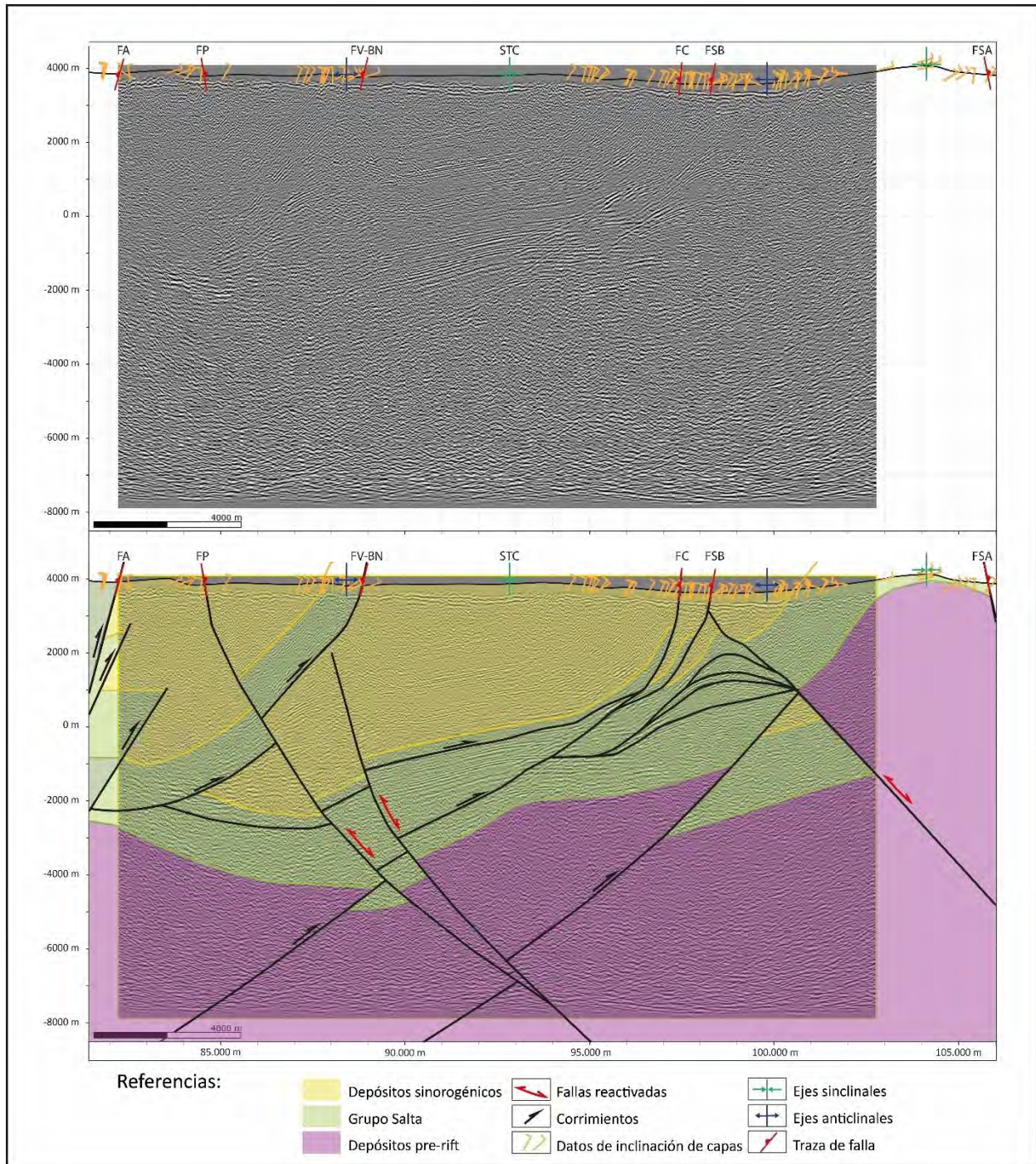
**Figura 4.5.** Reconstrucción palimpástica de la sección A – A' en 5 estadios.



## Sección B – B'

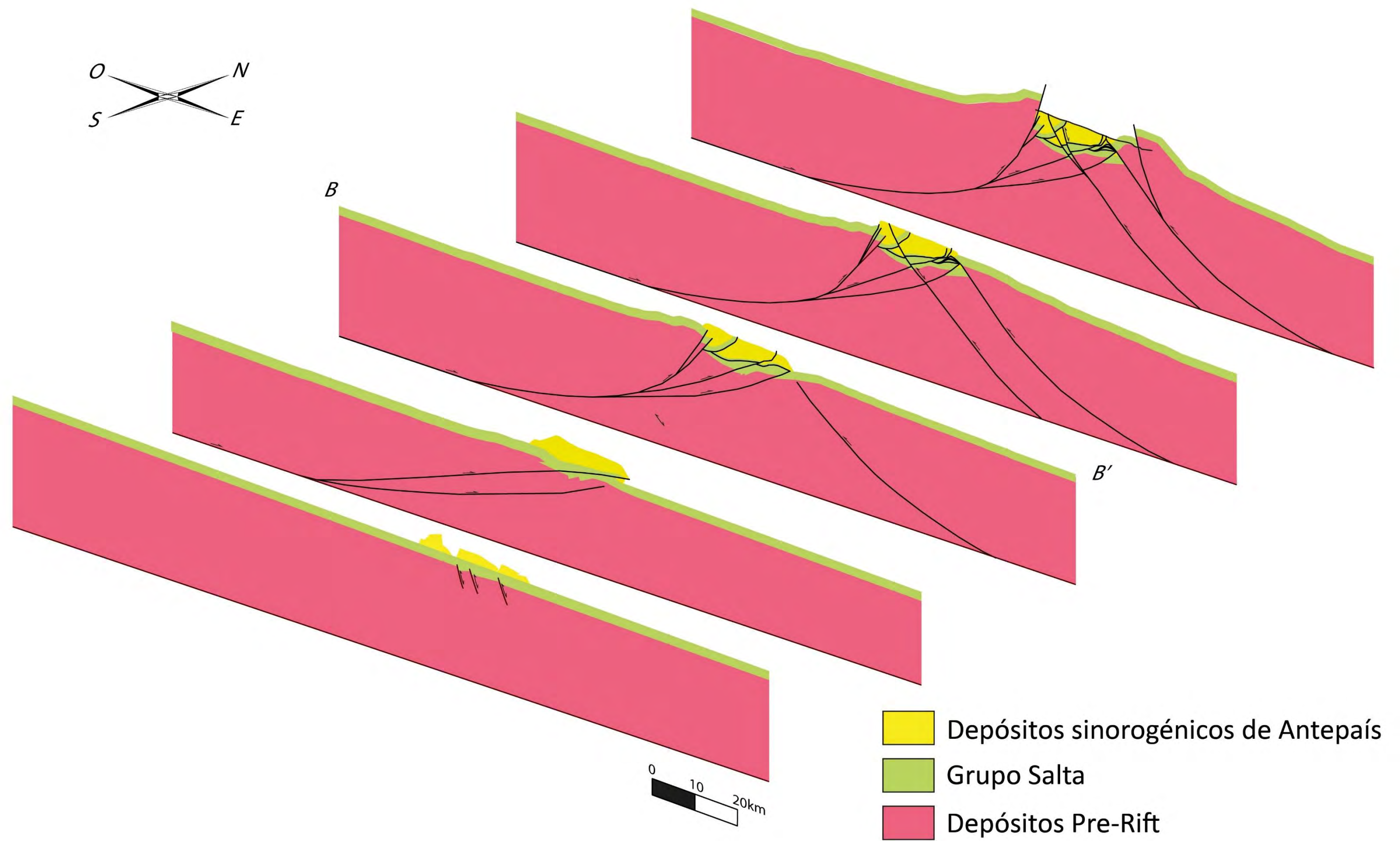
La sección B-B' está asociada a la línea sísmica 90-41 (Figura 4.3), la cual cuenta con una longitud de 20.6km y una orientación N99°, con un registro sísmico hasta una profundidad de -7800mbnm. Se proyectaron 90 datos de rumbo y buzamiento, 1 estructura anticlinal, 1 estructura sinclinal y 6 fallas. En función de estos datos y del mapa geológico, se desarrolló un modelo estructural (Figura 4.6).

Al igual que la sección A – A', sobresalen las fallas Aguilar y Sierra Alta como las características más importantes. Internamente también se puede observar una fuerte interacción entre corrimientos con vergencia oeste y vergencia este. Internamente los tres sectores descriptos previamente siguen presentes, con una disminución gradual del sinclinal Oeste, donde los sedimentos de Antepaís disminuyen su volumen, observándose mayor presencia en el sector central, que concentra el mayor desarrollo de estos depósitos. En el sector centro – este aparece una estructural muy compleja tipo *triplex*, con la superposición y engrosamiento de sedimentos del Grupo Salta, como se puede observar en la Figura 4.9. Un conjunto anticlinal-sinclinal-anticlinal culmina el margen este, exponiendo rocas pertenecientes al Grupo Salta y pequeños afloramientos del Grupo Santa Victoria. Los rasgos de deformación secundaria al igual que en la sección anterior, están asociados a corrimientos de piel fina sobre el relleno cenozoico, apareciendo en la zona central de la sección. La reconstrucción balanceada a partir del modelado directo de las estructuras representada en la figura 4.7, muestra un acortamiento total de la sección de 17,351km, correspondiente a un acortamiento porcentual del 9,8% (Tabla 4.3).



**Figura 4.6.** Esquema del proceso de interpretación de la línea 90-41 sobre la sección B – B'. Se pueden observar las fallas y pliegues principales en superficie interpretadas en profundidad. (FA) Falla Aguilar. (FP) Falla Pisungo. (FV-BN) Falla Vicuña yoc – Barro Negro. (STC) Sinclinal Tres Cruces. (FC) Falla Cruz. (FSB) Falla Santa Bárbara. (FSA) Falla Sierra Alta.



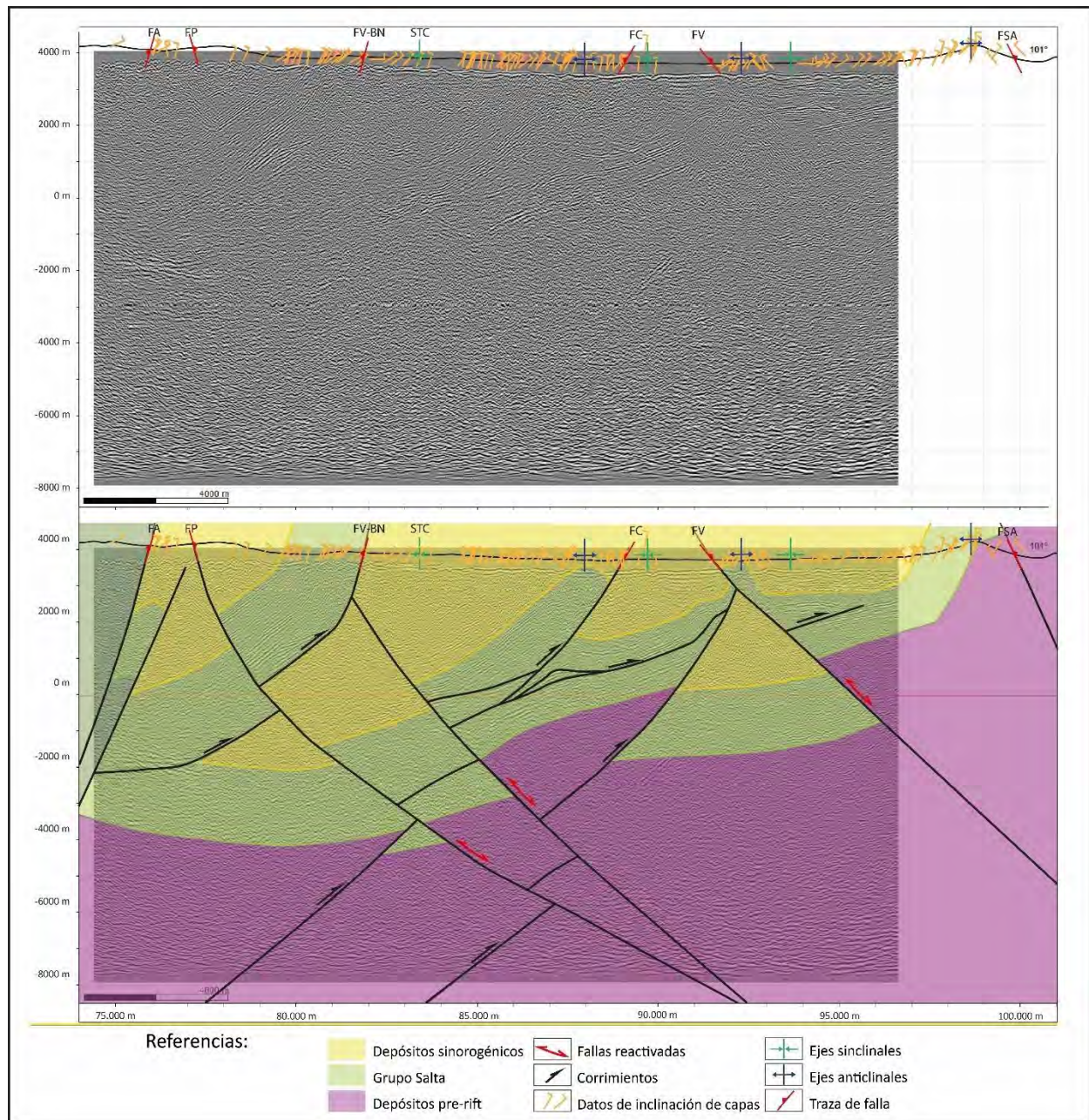


**Figura 4.7.** Reconstrucción palimpástica de la sección B – B' en 5 estadios.



### Corte C – C'

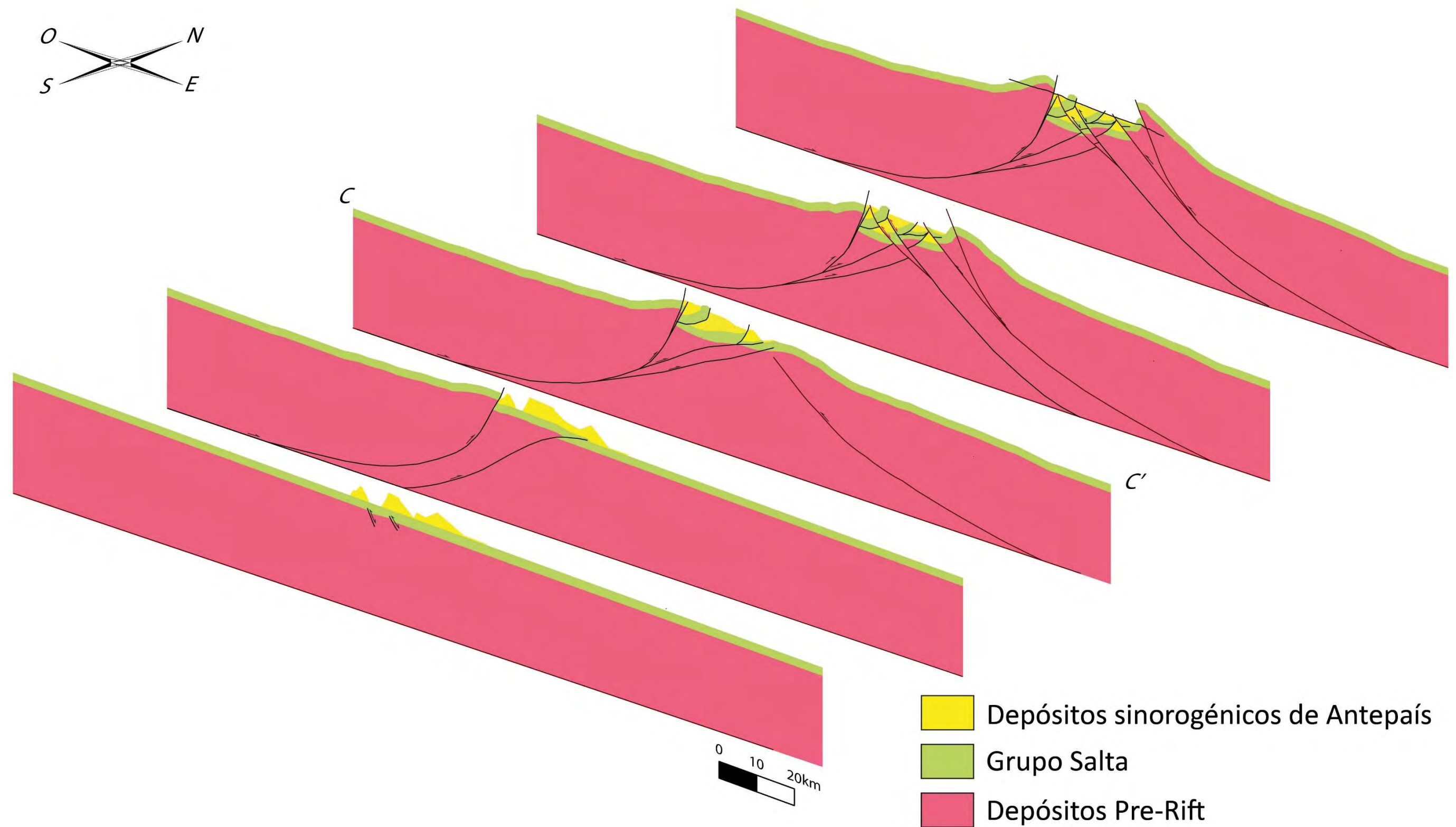
La sección 90-43 (Figura 4.3) presenta una línea sísmica con una longitud de 22.3km y una orientación N101°. Muestra un registro sísmico hasta una profundidad de 7900mbnm. A partir del software MOVE, se proyectaron 140 datos de rumbo y buzamiento, 2 estructuras anticlinales, 3 estructuras sinclinales y 6 fallas.





**Figura 4.8.** Esquema del proceso de interpretación de la línea 90-43 sobre la sección C – C'. Se pueden observar las fallas y pliegues principales en superficie interpretadas en profundidad. (FA) Falla Aguilar. (FP) Falla Pisungo. (FV-BN) Falla Vicuña – Barro Negro. (STC) Sinclinal Tres Cruces. (FC) Falla Cruz. (FV) Falla Vizcarra. (FSA) Falla Sierra Alta.

Al igual que las secciones anteriores, las fallas Aguilar y Sierra Alta son las características más importantes limitando la sección e internamente también se puede observar una fuerte interacción entre corrimientos con vergencia oeste y vergencia este. Los tres sectores descriptos no son tan fáciles de observar en esta sección, apreciándose una mayor sectorización de la cuenca con al menos 5 subcuencas limitadas por fallas. Se observa un mayor desarrollo de los corrimientos con vergencia este, quedando el sinclinal Oeste que se limita por las fallas Aguilar y Pisungo casi sin desarrollo (Mostrar esas fallas en una figura 4.8). Los rasgos de deformación secundaria asociados a corrimientos de piel fina sobre el relleno cenozoico presentan mayor angularidad de corte, involucrando depósitos del Grupo Salta, en la zona central de la sección. La reconstrucción balanceada a partir del modelado directo de las estructuras representada en la figura 4.9, nos muestra el mayor acortamiento de todas las secciones con un acortamiento total de la sección de 21,745km correspondiente a un acortamiento porcentual del 11,9% (Tabla 4.3).



**Figura 4.9.** Reconstrucción palimpástica de la sección C – C' en 5 estadios.

## Reconstrucción palimpástica

Las figuras 4.5, 4.7 y 4.9 esquematizan en 5 episodios la retrodeformación de las secciones A – A', B – B' y C – C'. Para la misma se adoptó una cronología de la retrodeformación a partir de la relación de corte entre las fallas. La reconstrucción llevada a cabo a partir del módulo de modelado directo de estructuras (*forward modelling*) del software MOVE de Midland Valley, permitió llevar a cabo una reconstrucción paulatina y metódica de la configuración inicial de la cuenca.

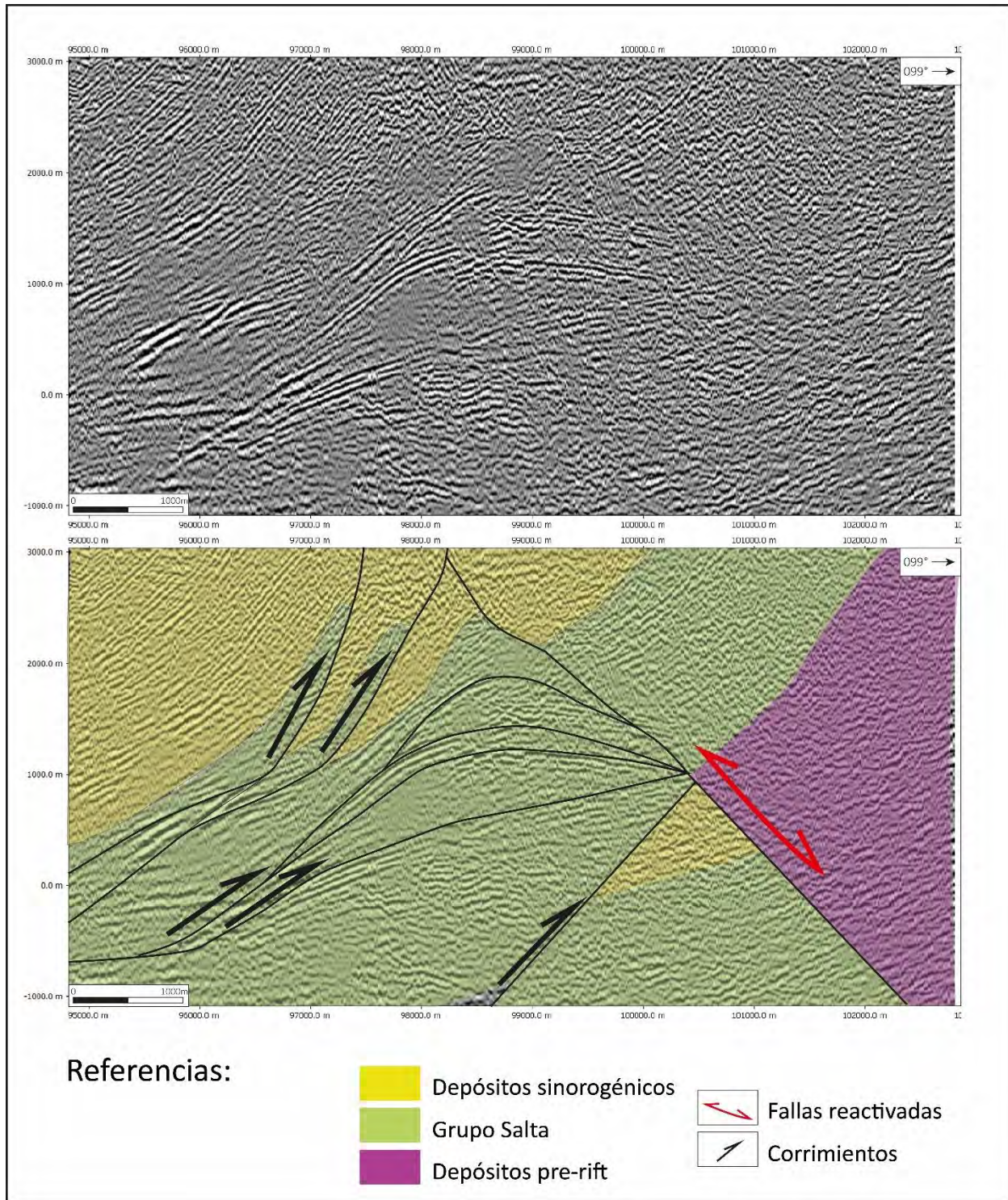
Es interesante observar que los modelos llevados a cabo muestran el desarrollo de una faja plegada y corrida de piel gruesa con un despegue basal en los 20km de profundidad. Las heterogeneidades del basamento y la interacción entre estas fallas de doble vergencia genera estructuras como “*duplex*” y “*triplex*” (Figura 4.10).

Otra observación importante a la hora de realizar las interpretaciones y no tenidas en cuenta en la retrodeformación debido a la escala, es la disarmonía presente entre las estructuras superficiales y las profundas. Debajo de los 1000m se pueden observar pliegues amplios como los observados en la Sierra de Tres Cruces y en el Sinclinorio de Tres Cruces mientras que en los primeros 800m desde la superficie, los depósitos están intensamente fallados y plegados, con dimensiones hasta 5 veces menores que las nombradas previamente.

Estos esquemas desarrollados permiten visualizar la interacción entre las principales estructuras que condicionan el desarrollo de la cuenca. A su vez, permiten estimar un acortamiento promedio para el sector centro-norte de la cuenca de 19.445,29km (10.83%) (Tabla 4.3). A partir de este esquema se puede inferir un frente orogénico que avanza desde el oeste hasta interceptar el dominio de la falla de Sierra Alta, que genera una serie de retrocorrimientos que terminan interfiriendo el dominio de corrimientos hacia el Oeste.

<b>Tabla 4.3.</b> Resumen del acortamiento de las secciones balanceadas.				
	<b>Sección A - A'</b>	<b>Sección B -B'</b>	<b>Sección C - C'</b>	<b>Promedio de acortamiento</b>
Longitud inicial	160.000m	160.000m	160.000m	-
Longitud final	179.238,84m	177.351,42m	181.745,61m	-
Acortamiento en metros	19.238,84m	17.351.42m	21.745,612	19.445,29m
Acortamiento porcentual	10,73%	9,78%	11,96%	10.83%





**Figura 4.10.** Estructura tipo “triplex” en la sección sísmica 90-41.



## CAPÍTULO 5



## ESTRATIGRAFÍA SÍSMICA: UNA APROXIMACIÓN A LA CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN

## CAPÍTULO 5: ESTRATIGRAFÍA SÍSMICA: UNA APROXIMACIÓN A LA CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN

### Introducción

La cuenca de Tres Cruces presenta un relleno y una estructura compleja sumado a una ausencia de vulcanismo en el área cercana lo que imposibilita tener una cronología certera de los episodios de sedimentación como de los pulsos tectónicos.

Debido a estas complicaciones y en la base de la información y los medios disponibles, se identificó un área en el sector noroccidental de la cuenca (Figura 5.1), donde se realizó una estratigrafía sísmica con un enfoque tectónico con el fin de identificar patrones en los reflectores sísmicos que permitan determinar discordancias angulares, discordancias progresivas y definir secuencias sindeformacionales. Asociando las secuencias con la información sedimentaria desarrollada, se pudo lograr una aproximación relativa de los pulsos de deformación de la cuenca y su vinculación con las unidades formacionales clásicas.

Se identificaron superficies limitantes, asociadas con discordancias progresivas, según la definición de Riba (1973), identificando patrones de crecimiento de estructuras sedimentarias que registran el tiempo y la cinemática de la deformación. Estos estratos de crecimiento son comúnmente utilizados para definir edades y tasas de deformación, así como para inferir mecanismos de plegamiento (Medwedeff, 1989; Shaw y Suppe, 1994, 1996; Hardy *et al.*, 1996; Novoa *et al.*, 2000). La deformación puede también influenciar la geometría interna de un estrato de crecimiento. En los casos donde la tasa de levantamiento excede la tasa de sedimentación, el plegamiento y fallamiento puede producir escarpas que controlan el espacio de acomodación e influyen localmente en el sistema depositacional (Burbank *et al.*, 1996).

A partir de este estudio se definieron 8 (ocho) superficies limitantes. Cada una de estas superficies limitan secuencias depositacionales asociadas con un evento de deformación y permitieron reconstruir la historia evolutiva de la cuenca.



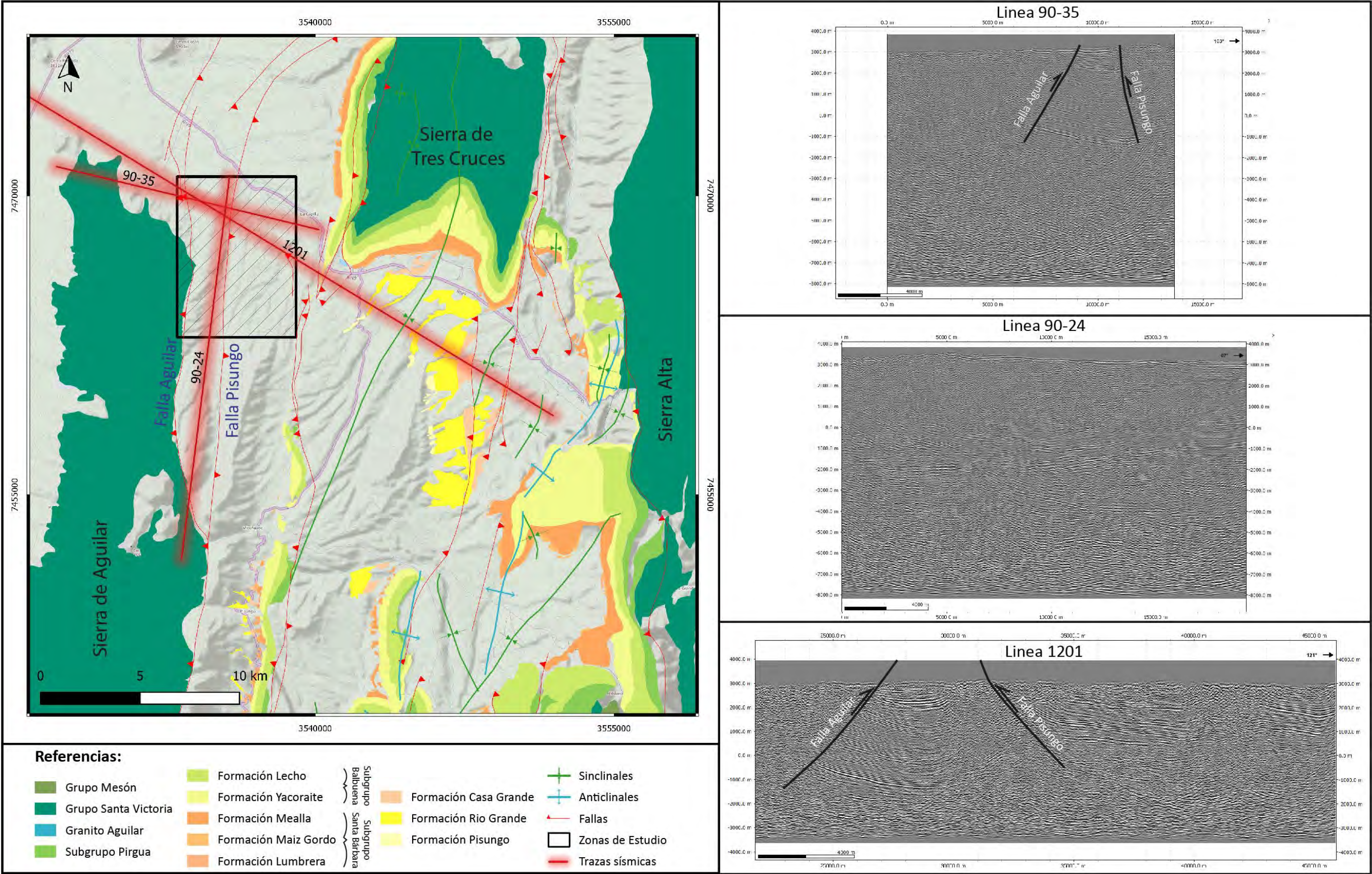


Figura 5.1. Ubicación de la zona de estudio y visual de las líneas sísmicas 90-24, 90-35 y 1201.



## Metodología

Las definiciones de la estratigrafía secuencial han ido evolucionando a lo largo del tiempo (Tabla 5.1). En el sentido más simple, la misma se ocupa de la respuesta sedimentaria a los cambios de nivel de base, que pueden analizarse desde la escala de los sistemas de depósito individuales hasta la escala de cuencas completas (Catuneanu, 2006). Este método es usado mayormente para la reconstruir los efectos del cambio de nivel de mar y la historia de los depósitos en márgenes continentales. En ambientes compresivos, el espacio de acomodación y los depósitos generados están controlados por el avance de la cuña orogénica y la subsidencia por carga. En ambientes no marinos, el espacio de acomodación es creado y destruido por: (1) movimientos tectónicos diferenciales entre las fuentes de aporte que modifican la cantidad de sedimento y las pendientes del paisaje; y/o (2) los cambios cíclicos del clima que pueden alterar el balance entre la carga y descarga de sedimentos (Catuneanu, 2006). Estos controles “aguas arriba” de los procesos fluviales son opuestos a los controles “aguas abajo” representados por las variaciones del nivel del mar en ambientes marinos (Shanley y McCabe, 1993, 1994; Shanley *et al.*, 1992; Catuneanu, 2006; Holbrook *et al.*, 2006). A pesar de la diferencia entre los procesos generados en un margen de cuenca estable y un margen activo, se pueden distinguir productos similares en cuanto a la geometría de los estratos y sus terminaciones. En ambientes fluviales, no hay superficies de *ravinamiento*, *transgresivas* o *regresiones forzadas*, aunque las discordancias subaéreas son abundantes y se utilizan para definir límites de secuencia (Gibling *et al.*, 2011). Si bien estos términos nombrados no pueden ser utilizados dado que no hay variaciones en la “línea de costa”, la utilización de “baja acomodación” y “alta acomodación” pueden ser útiles para correlaciones regionales (Olsen *et al.*, 1995; Martinsen *et al.*, 1999; Boyd *et al.*, 2000; Arnott *et al.*, 2002; Zaitlin *et al.*, 2002; Leckie y Boyd, 2003; Ramaekers y Catuneanu, 2004; Leckie *et al.*, 2004). Estos “systems tracks” están definidos por la relación entre los elementos arquitecturales. La existencia de canales amalgamados indica entornos de “baja acomodación”, en contraste con las sucesiones donde dominan las planicies de inundación que se interpretan como producto de condiciones de “alta acomodación” (Ethridge *et al.*, 2001; Holbrook y Schumm, 1998; Blum y Törnqvist, 2000; Catuneanu y Elango, 2001; Holbrook, 2001). Los cambios en el espacio de acomodación no necesariamente están acompañados por cambios en el gradiente topográfico o el estilo fluvial; son el reflejo de la sedimentación fluvial bajo variaciones en las condiciones del espacio de acomodación. La formación de discordancias subaéreas en sistemas fluviales pueden ser atribuidas a etapas de incremento de la energía fluvial, que puede estar vinculadas a actividad tectónica o un cambio climático (Schumm, 1993).

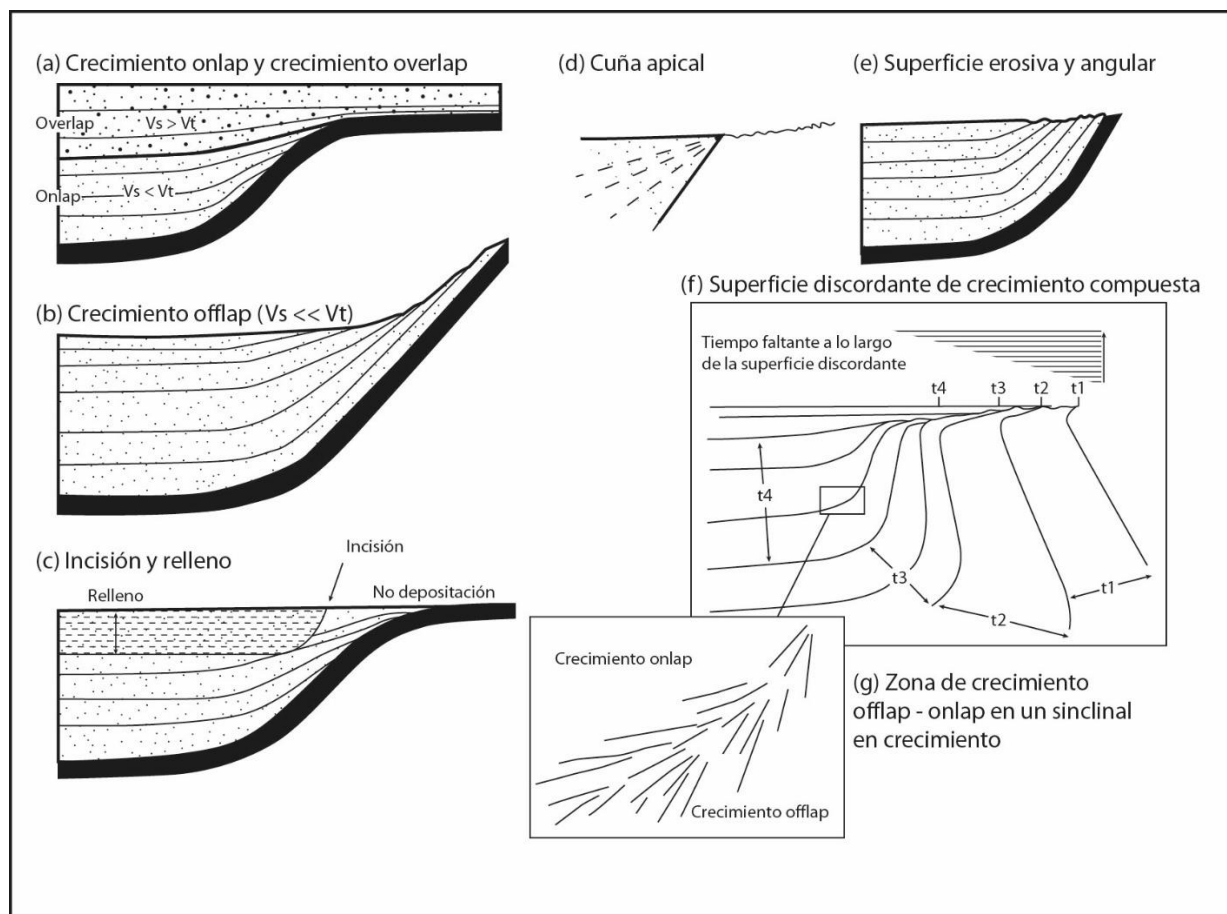
<b>Tabla 5.1.</b> Evolución del concepto de estratigrafía secuencial <i>tomado de</i> Catuneanu (2006).
<b>Estratigrafía</b> (Posamentier <i>et al.</i> , 1988; Van Wagoner, 1995): “el estudio de las unidades rocosas dentro de un marco temporal - estratigráfico de estratos repetitivos, genéticamente relacionados, delimitados por superficies de erosión o no deposición, o sus conformidades correlativas.”
<b>Estratigrafía secuencial</b> (Galloway, 1989): “el análisis de unidades depositacionales genéticamente relacionadas y limitadas por superficies de no deposición o erosión.”
<b>Estratigrafía secuencial</b> (Posamentier y Allen, 1999): “el análisis de los patrones de sedimentación cíclica que están presentes en las sucesiones estratigráficas, a medida que se desarrollan en respuesta de variaciones en el suministro de sedimentos y el espacio disponible para la acumulación de estos.”
<b>Estratigrafía secuencial</b> (Embry, 2001): “el reconocimiento y la correlación de superficies estratigráficas que representan cambios en las tendencias depositacionales en las rocas sedimentarias. Estos cambios son generados por la interacción de la sedimentación, la erosión y las oscilaciones del nivel de base y están determinadas a partir del análisis sedimentológico y las relaciones geométricas.”
<p>Notar que la sedimentación está separada por cambios en el nivel de base. Tenga en cuenta también estas palabras importantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- “ciclicidad”: una secuencia es un ciclotema, corresponde a un ciclo estratigráfico.</li> <li>- “marco temporal”: los sistemas depositacionales de edad equivalente pueden ser correlacionados en una cuenca. Esto proporciona la base para la definición de “<i>systems tracks</i>”. En los inicios de la estratigrafía secuencial, las superficies limitantes eran tomadas como líneas de tiempo, en función de variaciones globales eustáticas. Hoy, se requiere de un control temporal independiente para correlacionar a gran escala.</li> <li>- “estratos genéticamente relacionados”: se supone que no hay hiatus importantes dentro de las secuencias.</li> </ul>

En función de lo descripto previamente, el análisis estratigráfico secuencial se basó en los trabajos de Riba (1973, 1976), a partir del cual se diferenciaron estratos de crecimiento o discordancias progresivas sobre la base de información sísmica. Una discordancia progresiva se genera a partir de una superficie de sedimentación que bascula, levantándose por un lado y subsidiendo por otro, sin que cese el depósito, originando un abanico de capas o discordancia progresiva (Figura 5.2). Este proceso puede ocurrir en el flanco de un anticlinal, en el frente de cabalgamientos, etc. La estructura sedimentaria resultante está en relación con la velocidad de la deformación (T) y la velocidad de sedimentación (S), es decir: T/S. Si de la



relación  $T/S$ , se mantiene constante  $S$ , se originará una acumulación de cuñas superpuestas en *offlap* o cislamiento (Figura 5.2) (correspondiente a una regresión en un régimen marino) lo que genera un incremento en el ángulo de las cuñas. Si pasamos a una etapa de desaceleración, el mecanismo se invierte, pasando de un valor máximo a cero. La disposición de las cuñas será en *onlap* o traslapamiento (incremento del nivel de base). Se producen de esta manera discordancias angulares sintectónicas (Riba, 1973).

A partir de un análisis de las líneas sísmicas descritas en la Tabla 4.1, se seleccionaron las que presentaban mejor resolución dentro del relleno cenozoico: líneas 90-24, 90-35 y 1201. Una vez reconocidos los depósitos del Grupo Salta sobre las líneas, se procedió a identificar *onlaps*, *downlaps*, *offlaps* y truncamientos de reflectores (Figura 5.2), los cuales nos pueden estar indicando discordancias progresivas y estructuras de crecimiento, con el fin de determinar una sincronidad temporal entre estructuras de deformación y la sedimentación.



**Figura 5.2.** Esquema de crecimiento de estratos y generación de superficies en función del crecimiento de una estructura tectónica. *Modificado de Ford et al. (1997).*

## Resultados e interpretación de las tecto-secuencias de la cuenca de Tres Cruces

En el sector noroccidental de la cuenca donde se reconoció un depocentro sinclinal limitado por las fallas Aguilar y Pisungo, que conserva más de 5000m de espesor de sedimentos cenozoicos (Figura 5.1). Sobre este depocentro sinclinal, se identificaron terminaciones de reflectores en *onlap*, *downlap* y *truncamientos*, en base a las cuales se definieron 8 superficies limitantes dentro del relleno del antepaís (Tabla 5.2). Estas superficies tienen características de discontinuidades subaéreas dado que sus terminaciones por encima de la superficie son por lo general en *onlap*, sobre la superficie son en *offlap* y debajo de la superficie a partir de *truncamientos* (Catuneanu, 2006). Las mismas representan hiatus temporales y fueron agrupadas en función de la magnitud de la discontinuidad en 3 ordenes (Tabla 5.1). La ubicación de las líneas sísmicas nos permitió tener una idea del desarrollo tanto en sentido Oeste – Este (línea 90-24) como Norte – Sur (líneas 1201 y 90-35), permitiendo tener un mejor control de las superficies y poder identificarlas en las tres secciones sísmicas.

Tabla 5.1. Ordenes de jerarquía de las superficies identificadas	
Superficies de primer orden	Vinculadas con eventos alogénicos de escala regional, que marcan cambios en los pulsos de sedimentación. En el caso del área de Tres Cruces, asociadas al inicio del antepaís y movimientos diastróficos regionales vinculados al levantamiento de la Cordillera de los Andes.
Superficies de segundo orden	Vinculadas a la deformación primaria de la cuenca de Tres Cruces. En el caso de la zona estudiada, al movimiento de la falla Aguilar
Superficies de tercer orden	Asociadas con deformación secundaria en la cuenca de Tres Cruces. En este caso, al movimiento de la falla Pisungo.

Tabla 5.2. Superficies identificadas en el área de estudio		
Nombre	Tipo	Características
S1	primer orden	A partir de un leve <i>truncamiento</i> de reflectores basales, y un <i>onlap</i> de reflectores hacia el Oeste. Esta superficie representa el inicio del relleno del antepaís, representado por la Formación Casa Grande, sobre el <i>postrift</i> del Grupo Salta.

S2	primer orden	Al igual que la superficie anterior, comienza con un leve <i>truncamiento</i> reflectores basales y con un leve <i>onlap</i> sobre la superficie hacia el Oeste. Está vinculada con un episodio regional que vinculamos con el inicio de la Formación Rio Grande.
S3	segundo orden	Estas superficies presentan un <i>truncamiento</i> marcado de los reflectores basales hacia el contacto con la falla Aguilar, volviéndose concordante hacia el Este, a medida que nos alejamos de la falla. A su vez se observan <i>onlaps</i> hacia el Oeste.
S4	tercer orden	Vinculada con un segundo pulso de deformación de la falla Aguilar
S5	segundo orden	Esta superficie que trunca los reflectores de la secuencia basal, marca el inicio de la compartimentalización en la cuenca de Tres Cruces a partir de una relación de crecimiento con la falla Pisungo
S6	tercer orden	Estos reflectores presentan truncamientos basales agudos hacia el Oeste y el Este, vinculados con las fallas Aguilar y Pisungo. En la zona central, este truncamiento pasa a ser concordante con los reflectores basales. Por encima de la superficie se observan <i>onlaps</i> hacia ambas fallas.
S7	tercer orden	
S8	tercer orden	

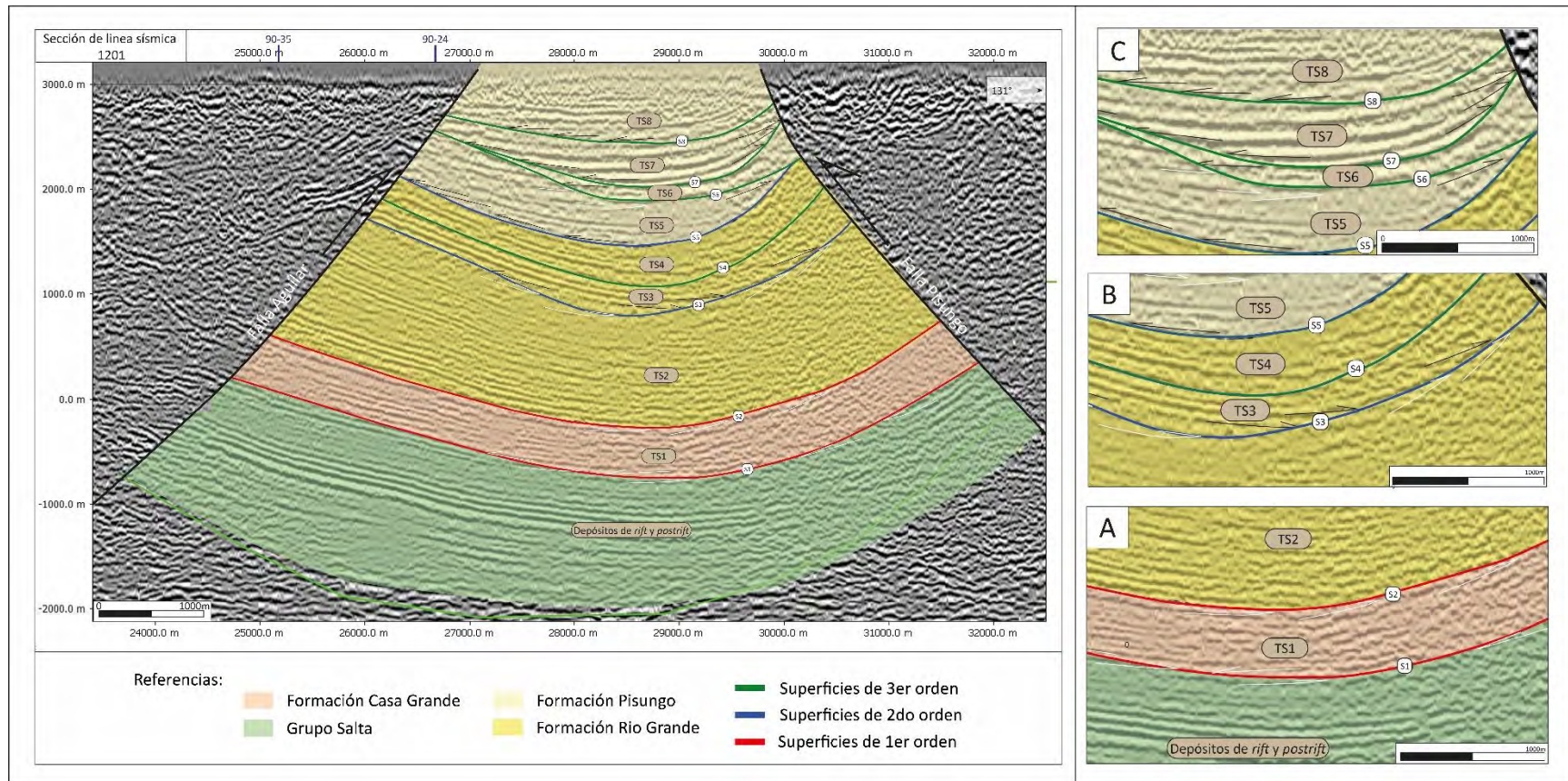
Cada una de estas superficies limitan una secuencia depositacional, las cuales presentan características que se definen a continuación:

- ✚ Tecto-secuencia 1 (TS1): Con un inicio sobre la superficie de primer orden S1, la cual se genera por un truncamiento de muy bajo ángulo de reflectores. Está vinculada con el inicio de los depósitos de antepaís sobre el Grupo Salta. Con una morfología tabular, presenta un espesor promedio de 600m, teniendo una tendencia a disminuir el mismo de Oeste a Este. Finaliza con la superficie S2 (Figuras 5.3-A, 5.4-A y 5.5-A).
- ✚ Tecto-secuencia 2 (TS2): Al igual que la secuencia anterior, la superficie basal limitante es de 1er orden, representada por S2. Presenta una morfología más bien tabular con un espesor promedio de 1300m, mostrando una tendencia de disminución hacia el Este. Finaliza con la superficie S3.



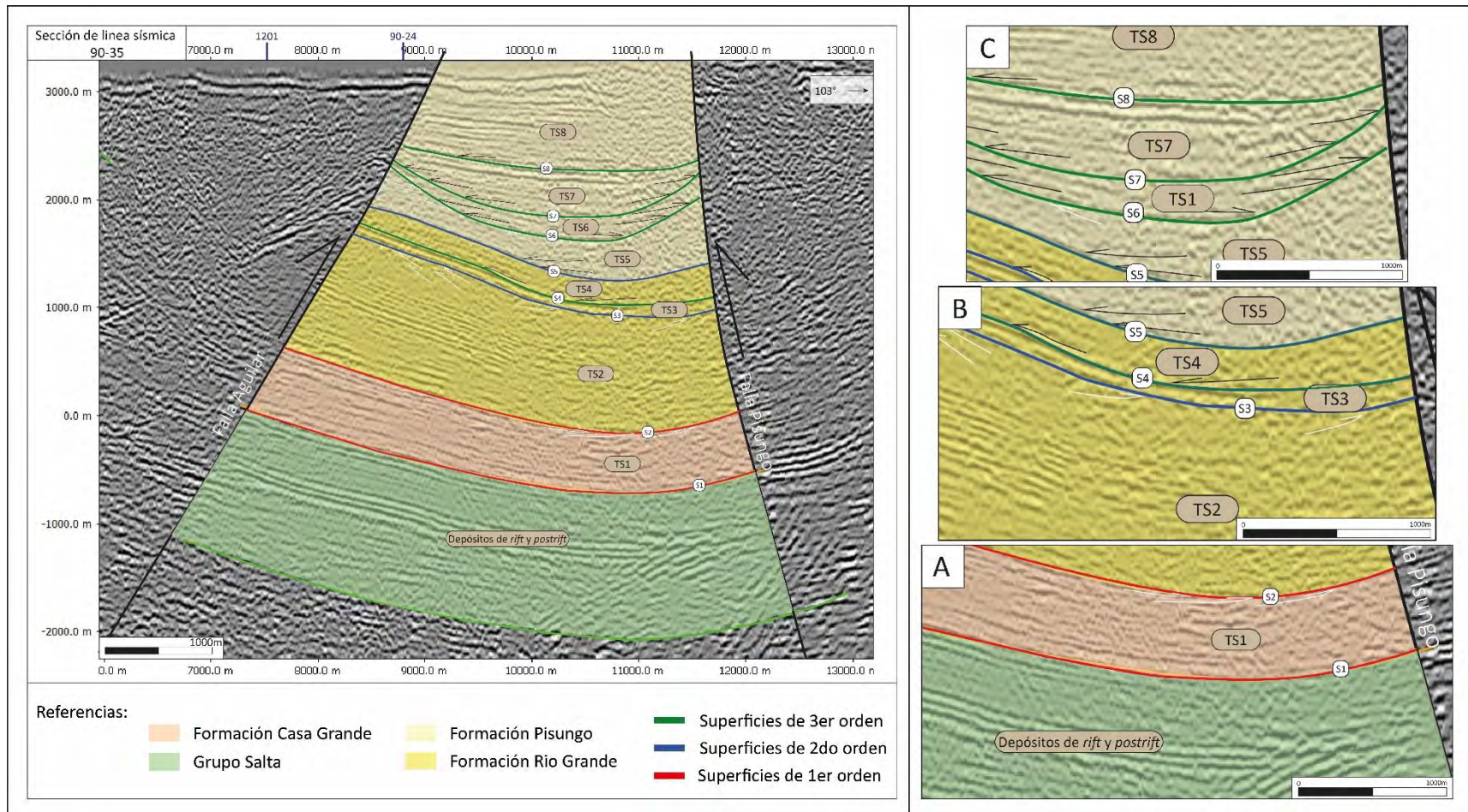
En la sección 90-24 esta superficie se hace imperceptible hacia el Sur, paralelizándose a los reflectores de la TS1 (Figuras 5.3-A, 5.4-A y 5.5-A).

- ✚ Tecto-secuencia 3 (TS3): Comienza con la superficie S3 que disecta la TS2 de manera erosiva, en sectores generando un fuerte truncamiento de los reflectores de la TS2. Presenta una morfología acunada hacia el Oeste, con un espesor máximo de 200m. Presenta onlapamiento hacia el Oeste, mostrando una tendencia de incremento de espesor hacia el Este (Figuras 5.3-B, 5.4-B y 5.5-B).
- ✚ Tecto-secuencia 4 (TS4): Similar a la TS3, comienza sobre la superficie S4, a partir de una serie de onlapamientos hacia el Oeste, lo que genera una morfología de cuña que incrementa el espesor hacia el Este, con un espesor promedio que ronda los 400m (Figuras 5.3-B, 5.4-B y 5.5-B).
- ✚ Tecto-secuencia 5 (TS5): Comienza sobre la superficie S5 con onlapamientos tanto hacia el Oeste como hacia el Este. Presenta morfología de cuña en ambos sentidos. En la Sección 1201, la superficie S6 que limita TS5, disecta la superficie S5, generando el cierre de la morfología de cuña. El espesor máximo es de 400m (Figuras 5.3-C, 5.4-C y 5.5-C).
- ✚ Tecto-secuencia 6 (TS6): Sobre la superficie S6 comienza esta secuencia caracterizada por una morfología de cuña hacia el Oeste y Este con terminaciones en onlap hacia ambos sentidos con un espesor máximo de 250m (Figuras 5.3-C, 5.4-C y 5.5-C).
- ✚ Tecto-secuencia 7 (TS7): Sobre la superficie S7 comienza esta secuencia la cual se caracteriza por truncar los reflectores de la TS6 y a su vez por tener terminaciones onlap hacia el Este y el Oeste. Tiene morfología en cuña y un espesor máximo de 400m (Figuras 5.3-C, 5.4-C y 5.5-C).
- ✚ Tecto-secuencia 8 (TS8): La última secuencia definida para este sector. Se caracteriza por una superficie S8 sobre la cual apoyan terminaciones onlap desde el Oeste. Las características de esta secuencia están asociadas con una horizontalización de los reflectores hasta la superficie (Figuras 5.3-C, 5.4-C y 5.5-C).



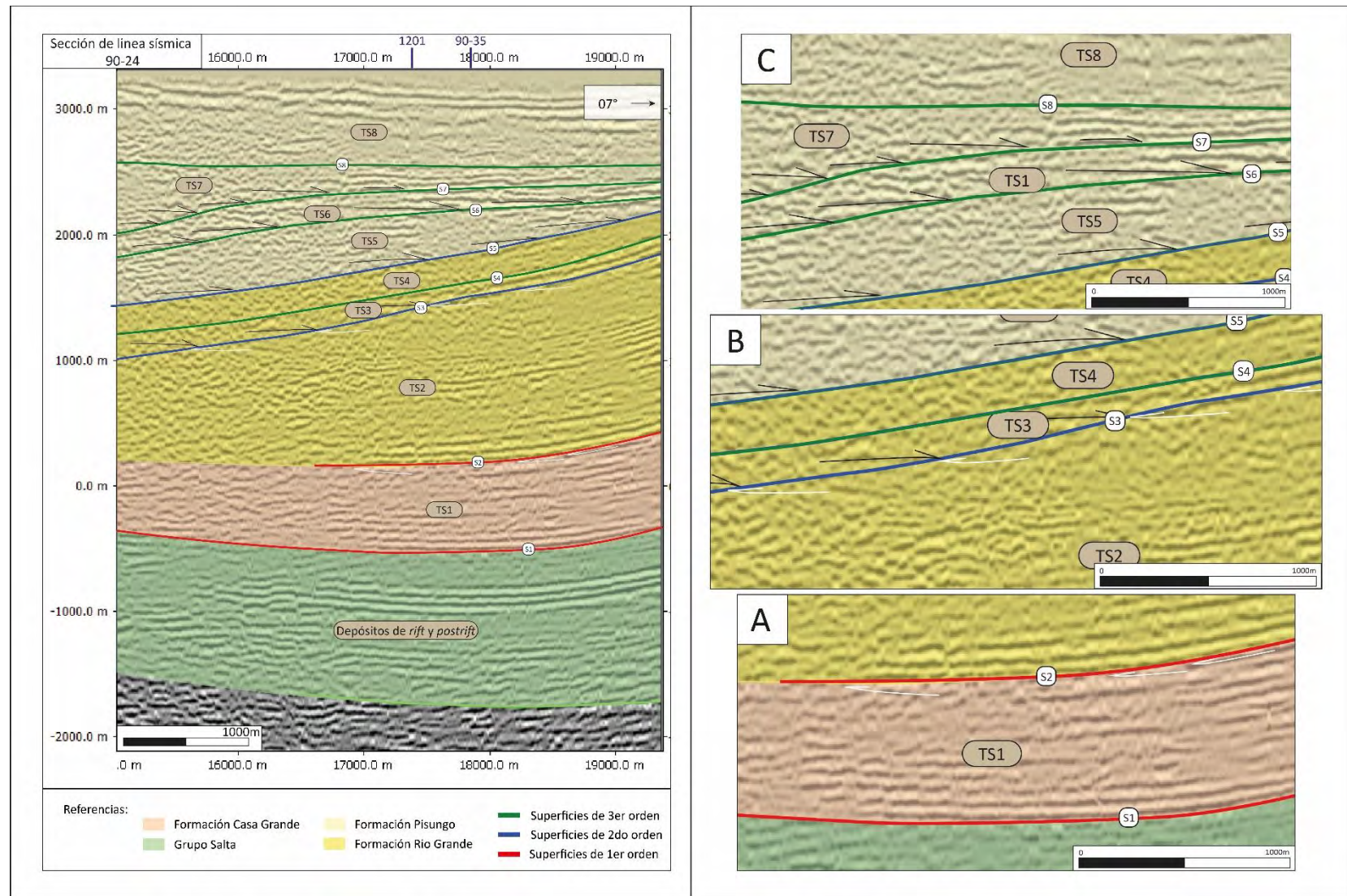
**Figura 5.3.** Superficies limitantes de 1er, 2do y 3er orden y tecto-secuencias sedimentarias en la sección sísmica 1201 del sector noroccidental de la cuenca de Tres Cruces. A – Vista de las superficies S1 y S2 de 1er orden. B – Vista de las superficies S3 y S4 de 2do orden. C – Vista de las superficies S5, S6, S7 y S8 de 3er orden.





**Figura 5.4.** Superficies limitantes de 1er, 2do y 3er orden y tecto-secuencias sedimentarias en la sección sísmica 90-35 del sector noroccidental de la cuenca de Tres Cruces. A – Vista de las superficies S1 y S2 de 1er orden. B – Vista de las superficies S3 y S4 de 2do orden. C – Vista de las superficies S5, S6, S7 y S8 de 3er orden.





**Figura 5.5.** Superficies limitantes de 1er, 2do y 3er orden y tecto-secuencias sedimentarias en la sección sísmica 90-24 del sector noroccidental de la cuenca de Tres Cruces. A – Vista de las superficies S1 y S2 de 1er orden. B – Vista de las superficies S3 y S4 de 2do orden. C – Vista de las superficies S5, S6, S7 y S8 de 3er orden.

Todas las secuencias descriptas presentan una pendiente general hacia el Sur como se puede observar en la sección 90-24 (Figura 5.5).

A su vez, a partir de las características definidas, se pueden asociar las tecto-secuencias en 3 grupos:

- ✚ Las asociadas al inicio de un antepaís distal (TS1 y TS2), que no presentan una vinculación con las fallas Aguilar y Pisungo, con truncamientos de muy bajo ángulo y un onlapamiento también de muy bajo ángulo, lo que indicaría una baja pendiente de la cuenca.
- ✚ Las vinculada a la actividad tectónica de la falla Aguilar (TS3 y TS4), identificadas a partir del onlapamiento y una morfología cuneiforme hacia el Oeste, lo que evidencia generación de espacio de acomodación hacia el Este.
- ✚ Las asociadas a la actividad tectónica de las fallas Aguilar y Pisungo (TS5, TS6 y TS7), las cuales presentan onlapamiento y morfología cuneiforme tanto para el Oeste como para el Este, con los mayores espesores en la zona central, lo que evidencia generación de espacio de acomodación circunscripto a ambas fallas.
- ✚ Por último, podemos nombrar la tectono-secuencia TS8 la cual interpretamos como vinculada a el último pulso de deformación debido a las características de sus reflectores que terminan horizontales. Estas características nos permiten vincular la evolución de la cuenca de Tres Cruces en tres etapas bien diferenciadas y a su vez vincular esta evolución con las unidades sedimentarias descriptas.



## CAPÍTULO 6



## EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL CENOZOICA PARA LA CUENCA DE TRES CRUCES



## CAPITULO 6: EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL CENOZOICA DE LA CUENCA DE TRES CRUCES

La evolución de las cuencas cenozoicas en la Cordillera Oriental ha sido debate de los últimos 40 años, donde las mayores contradicciones se han dado en determinar el inicio del antepaís, los mecanismos y pulsos de deformación y su evolución paleoambiental (Boll y Hernandez, 1983; Jordan y Alonso, 1987; Rodriguez Fernandez *et al.*, 1999; Coutand *et al.*, 2001; DeCelles *et al.*, 2011; Hongn *et al.*, 2011; Strecker *et al.*, 2011; Montero Lopez *et al.*, 2018). Si bien la mayoría de los autores concuerda en que el Eoceno es el momento crítico donde comienza la sedimentación de antepaís sobre el Subgrupo Balbuena, en función de los modelos propuestos, este límite puede incluir los últimos estadios del *postrift* o no.

El análisis conjunto del análisis de facies, las paleocorrientes, la procedencia y la estratigrafía secuencial, sumada a las edades geocronológicas determinadas o inferidas para las distintas unidades de la cuenca y áreas cercanas por distintos autores, nos permitió reconstruir la historia paleoambiental de la cuenca de Tres Cruces organizada en tres unidades principales y asociarlas con las Formaciones Casa Grande, Rio Grande y Pisungo. A su vez, las edades registradas por trabajos previos para las formaciones, sumado a los resultados de la estratigrafía secuencial, nos permitió vincular temporalmente las unidades con episodios de deformación dentro de la cuenca.

### Formación Casa Grande

Los depósitos del Subgrupo Santa Bárbara están compuestos por areniscas de grano fino, limolitas, lutitas y el desarrollo de paleosuelos, depositados regionalmente en entornos fluviales distales a lacustres asociados con sistemas barreales a cuencas perennes abiertas (del Papa y Salfity, 1999; Marquillas *et al.*, 2005), donde su depositación estuvo asociada a una subsidencia tectónica de *postrift* con tasas muy bajas de subsidencia (Salfity y Marquillas, 1994; Marquillas *et al.*, 2005) o al desarrollo de una cuenca de antepaís distal (Horton y DeCelles, 1997; DeCelles *et al.*, 2011).

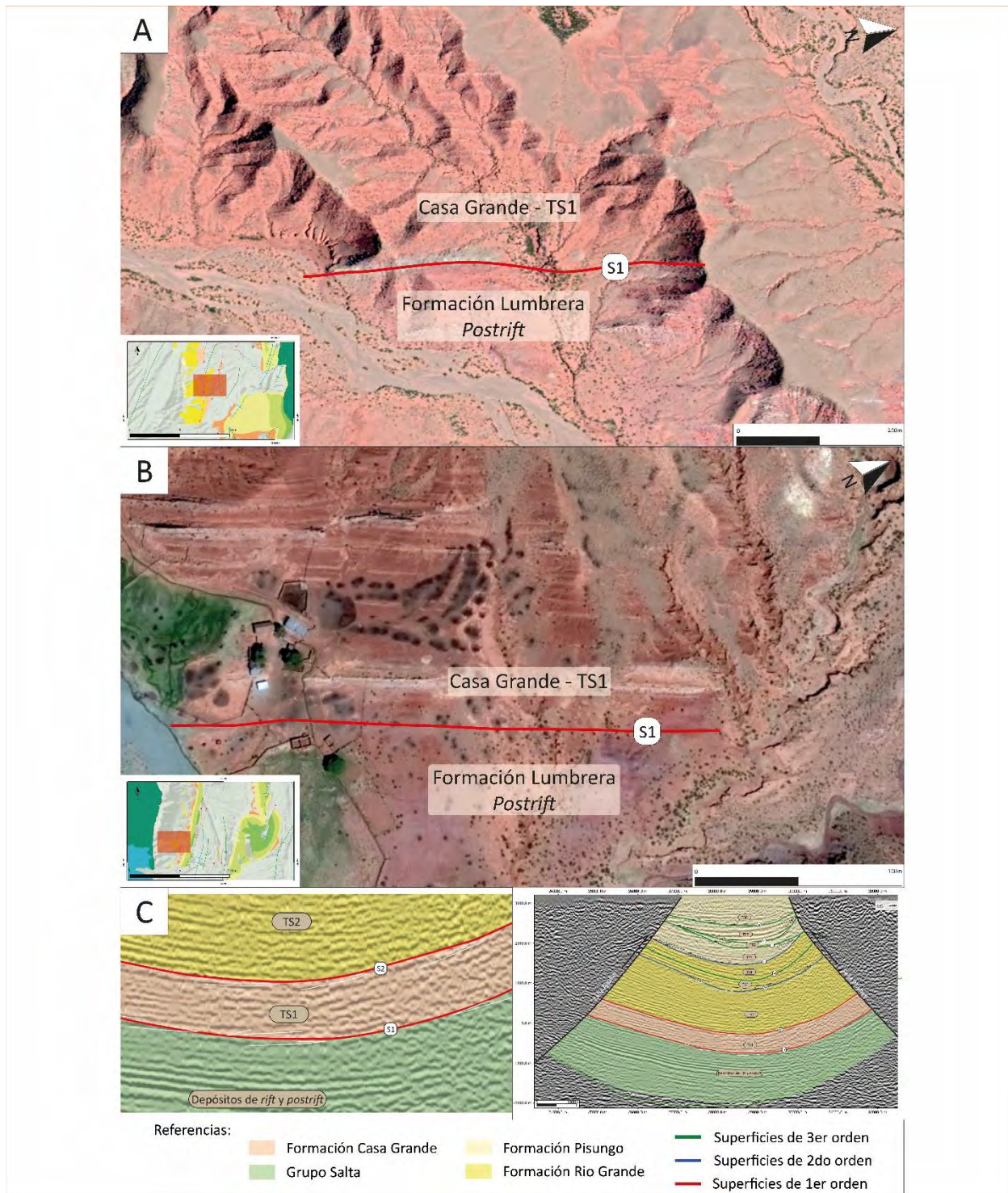
El análisis del sector centro – norte de la cuenca de Tres Cruces permitió reconocer la aparición de un sistema fluvial meandriforme efímero sobre la Formación Lumbrera, que se da de manera transicional y concordante sobre depósitos limo-arcillosos con la aparición de canales de gran distribución lateral (mayor de 200m) y espesores que no superan los 50cm (Figura 6.1). Este cambio viene acompañado

de un cambio de coloración de un violáceo a un rojizo que puede ser fácilmente vislumbrado desde imágenes satelitales.

Las características sedimentario-estratigráfico-secuencial nos permiten asociar este depósito con un sistema fluvial de tipo meandroso efímero de grano fino, característico de ambientes de baja energía, con un nivel de base alto, en una zona con poco relieve. La carga de sedimentos es de grano fino (arena fina, limo, arcilla), usualmente asociadas a estructuras de laminación horizontal (Sl, Sh) u ondulítica (So). La geometría de los bancos es simple, apreciándose barras con estructuras de acreción lateral (St), que pueden llegar a tener presencia de pequeños intraclastos pelíticos. Se pueden formar pares de arena y limo/arcilla a escala decímetro o centímetro en las estructuras Sl o St, denominada estratificación heterolítica inclinada. La bioturbación es común. Este sistema fluvial, presenta una marcada estacionalidad, evidenciada por la presencia de numerosas superficies de erosión y abundancia de litofacies Sh y Sl que indica la ocurrencia común de flujos de alta energía, poco profundos, en la transición entre subcrítico y supercrítico. Los niveles finos como cubiertas de estos depósitos, limitados por superficies de segundo y tercer orden, que pueden estar asociados a actividad subaérea como grietas de desecación, actividad pedogenética (motas, rizoconcreciones, nódulos, cristales de yeso). Los elementos arquitecturales típicos son los canales (CH) asociados a los elementos LS-SB y las planicies fluviales (FO), incluyendo en menor medida depósitos de acreción lateral. Los canales presentan espesores máximos de 3-5m y hasta 70m de ancho. Los depósitos de llanura de inundación incluyen laminación delgada de arenitas y pelitas. Estructuras internas de erosión, socavación y relleno, y las láminas de limolitas que culminan o rellenan, indican múltiples episodios de erosión y sedimentación. En la base presenta estructuras de deformación sinsedimentarias (Figura 7.4), similares a las descritas por Montero Lopez *et al.* (2018).

El análisis estratigráfico secuencial permite asociar estos depósitos con la secuencia TS1, la cual aparece sobre el Grupo Salta con una suave superficie que *onlapa* sobre la superficie S1. Las paleocorrientes y la procedencia en areniscas nos muestran una fuente de aporte desde el Oeste – Noroeste (Figura 6.2) distal, con un incremento progresivo de la fracción lítica frente a la cuarzosa, mostrando:

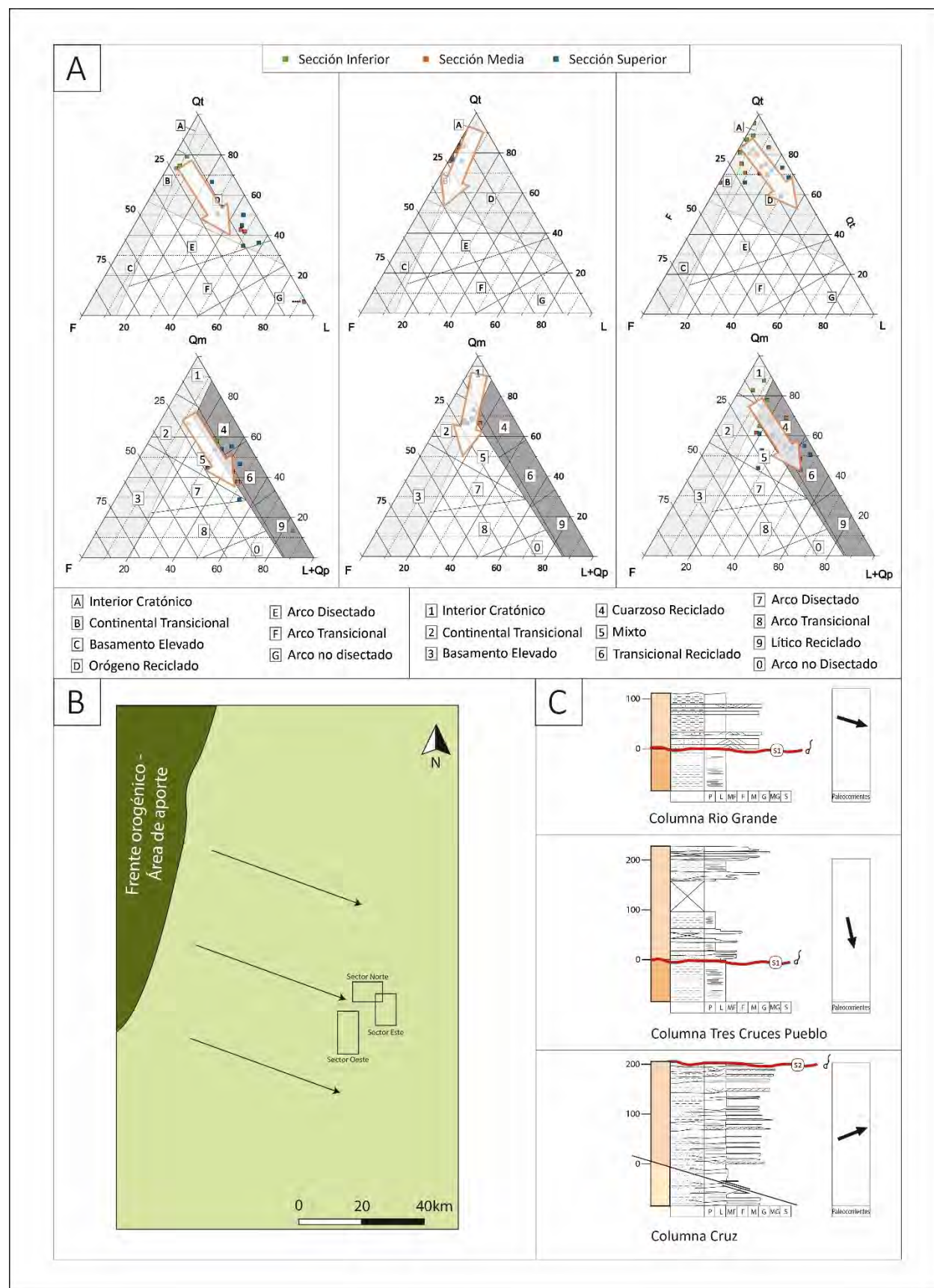
- una transición de un interior cratónico a un transicional reciclado ( $Q_m - F - L + Q_p$ ),
- una transición de un interior cratónico a un orógeno reciclado ( $Q_t - F - L_t$ ),
- un tren desde una zona de interior cratónico a un ambiente de faja plegada y corrida ( $Q_p - L_v - L_s$ ).



**Figura 6.1.** Relaciones entre el contacto de la Formación Casa Grande (CG) sobre la Formación Lumbrera (L). A – Contacto entre L y CG en el sector Este de la cuenca, a partir de una discordancia erosiva. B – Contacto entre las L y CG en el sector Oeste a partir de un contacto neto y concordante. C – Vista en la sección sísmica 1201 de la superficie S1 que limita la base de la Formación Casa Grande a partir de un truncamiento de los reflectores de los depósitos vinculados con el *postrift*.



Las características anteriormente nombradas permiten vincular esta unidad con la Formación Casa Grande (Fernández y Pascual, 1973), la cual presenta una edad definida por un mamífero fósil de la familia de los Leontiniidae (*Martinmiquelia ferdandezii*) vinculado a una edad Mustersense de Sudamérica (Bond y López, 1995), sumada a la presencia de un fósil asociado a los Dasypodidae descripto por Herrera *et al.* (2012), que vinculan la Formación al Eoceno Medio. A su vez, una revisión de la sistemática de los leontínidos realizada por Deraco *et al.* (2013) propone que esta unidad es equivalente a la Formación Los Colorados, definida en Valles Calchaquies, la cual está datada en  $37,6 \pm 1,2$  Ma (Carrapa *et al.*, 2011).



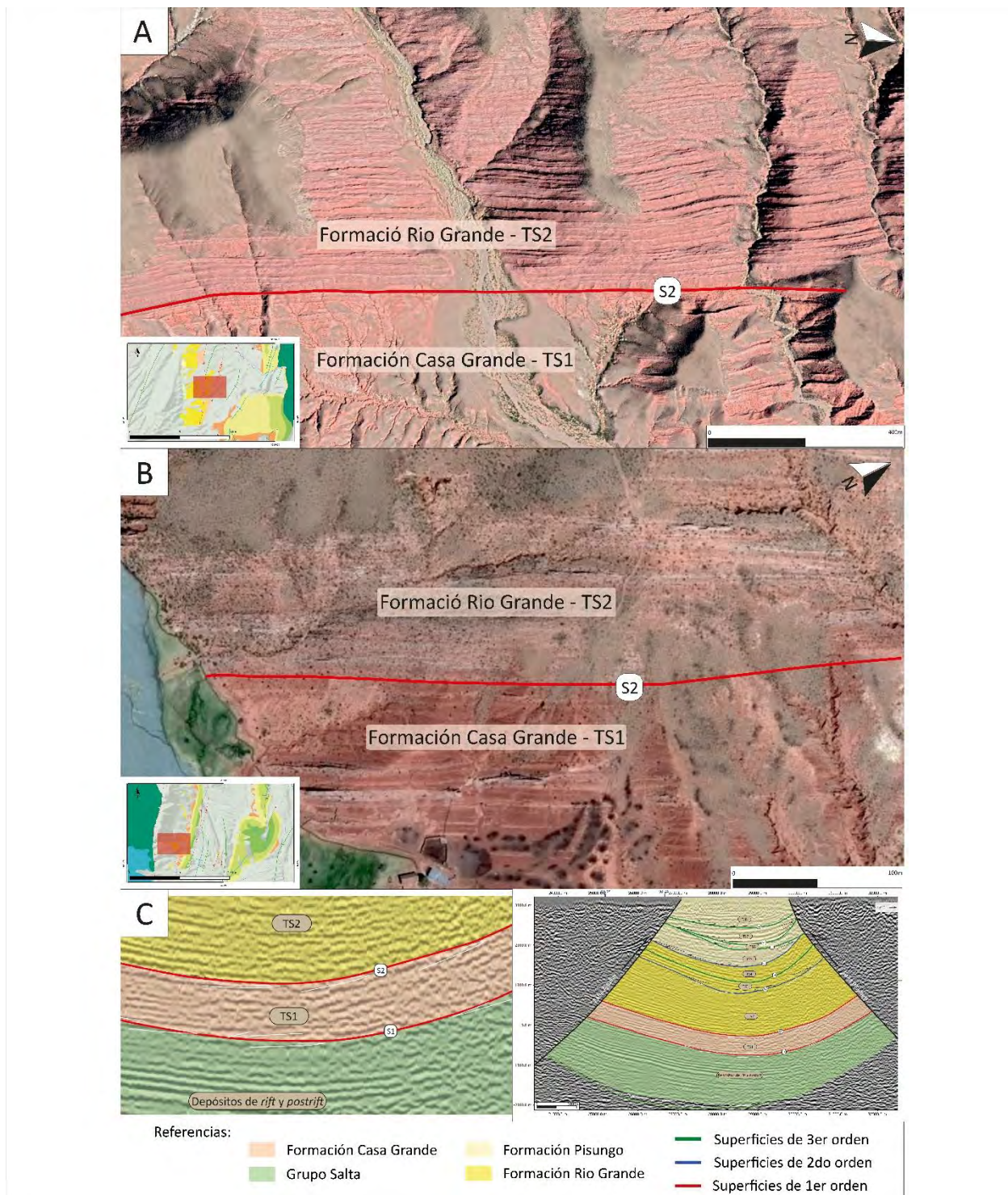
**Figura 6.2.** Resumen de las principales características de la Formación Casa Grande. A-Variaciones en la composición de la fracción arena mostrando la transición de un ambiente de interior cratónico a un ambiente de orógeno reciclado. B-Posible fuente de aporte de sedimentos en función de las paleocorrientes. C-Contacto basal discordante de la Formación Casa Grande sobre la Formación Lumbreira.

## Formación Río Grande

### Sección Inferior

Por encima de la Formación Casa Grande, yace una secuencia grano y estratocreciente que se manifiesta en el sector sur a partir de una discordancia erosiva (Figura 6.3). La disminución de las llanuras de inundación con el consecuente aumento del tamaño y volumen de canales, sumado a la presencia de clastos intraformacionales y un aumento en la granulometría de la arena, nos indica una progradación del sistema hacia un sistema fluvial entrelazado de tipo arenoso-gravoso (Miall, 2006). Este sistema se caracteriza por sedimentos de canal y barras predominantemente arenosos (SB), con presencia de intraclastos en la base de los depósitos de canal, acumulados como resultado de la erosión y socavamiento de planicies. Los canales abandonados y las cicatrices de meandros son comunes en las llanuras de inundación, y se conservan como tapones de arcilla y limo. Las litofacies Sh y St son predominantes. Es común la presencia de grava y conglomerados finos en trenes alineados formando estratificaciones dentro de la arenisca (Figura 3.10). Este ambiente está asociado a la sección basal vinculado a la transición entre las unidades 1 y 2 en los sectores Norte y Oeste donde no se observa una discordancia evidente. Rápidamente se impone un sistema fluvial entrelazado, donde disminuye la sinuosidad de los canales, aumenta la energía con un consecuente aumento en la granulometría de los depósitos, y disminuyen progresivamente las planicies fluviales. Son sistemas donde se pueden reconocer canales mayores y menores, superficies de barras y la llanura aluvial, en cuerpos que pueden llegar a los 10m de espesor. Estos niveles representan distintos eventos de agradación del sistema fluvial. Un predominio creciente del elemento LA indica que hacia el techo se produce mayor agradación. Varios tipos de ciclos están presentes, los ciclos de metros a decenas de metros de espesor que representan la migración distributaria y evolución del abanico, el canal con varios ciclos de relleno con espesores de pocos metros, y esos pocos decímetros de espesor representando programas de barra o eventos de inundación.



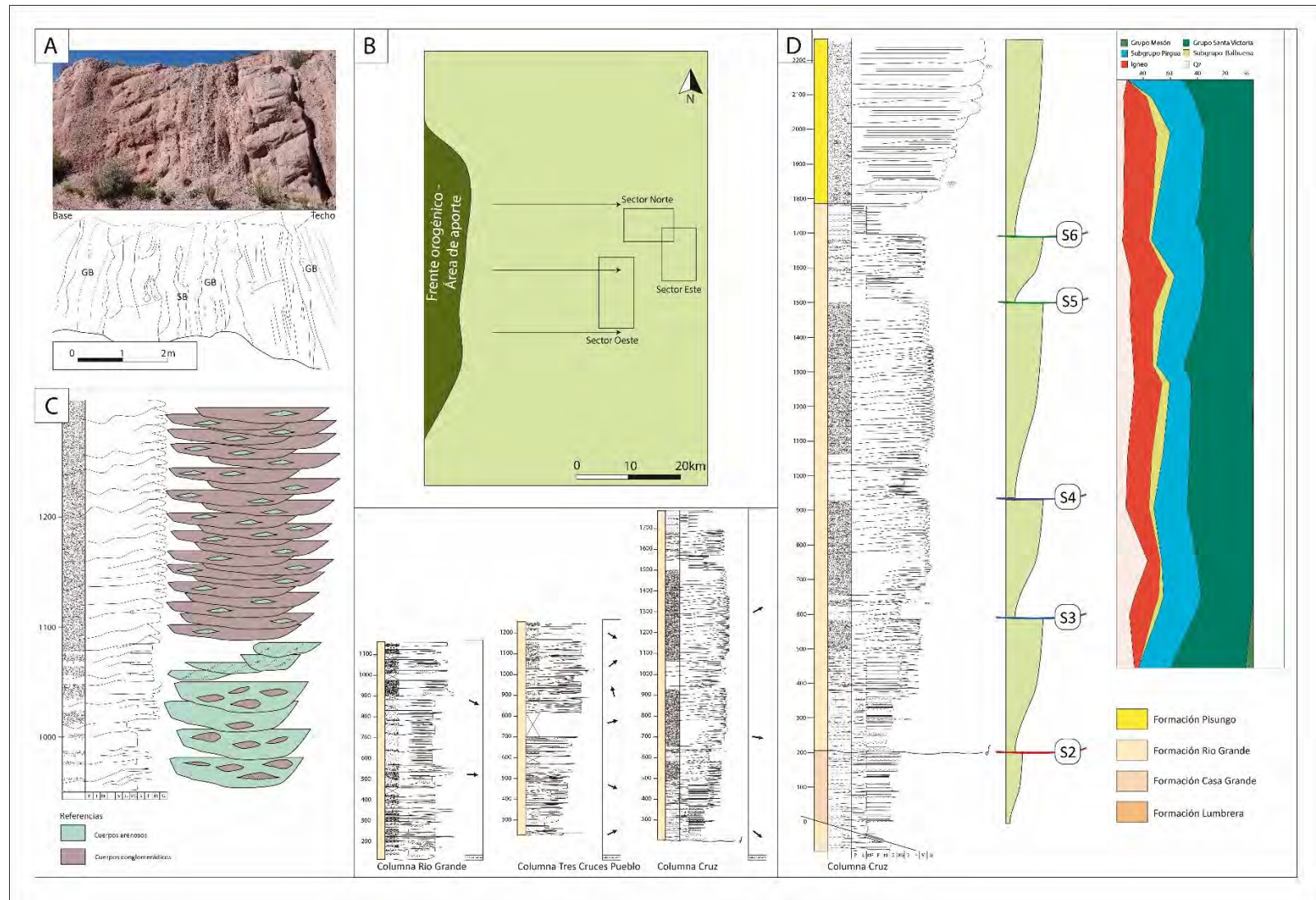


**Figura 6.3.** Relaciones entre el contacto de la Formación Río Grande sobre la Formación Casa Grande. A – Contacto entre CG y RG en el sector Este de la cuenca, a partir de una discordancia erosiva. B – Contacto entre las CG y RG en el sector Oeste a partir de un contacto neto y concordante. C – Vista en la sección sísmica 1201 de la superficie S2 que limita la base de la Formación Río Grande a partir de un truncamiento de los reflectores de la TS1 vinculada con Casa Grande.

Las paleocorrientes hacia el Este conjuntamente con la procedencia realizada en conglomerados nos indican la presencia de un basamento cámbrico – ordovícico elevado al Oeste. A su vez, el incremento en las fracciones conglomerádicas hacia el techo, asociadas al detrimento en clastos del Grupo Salta e incremento de clastos volcánicos, nos indica la erosión de la cubierta de *rift* y la exhumación de cuerpos volcánicos probablemente vinculados con el granito Tusaquillas de la sierra Este de la cuenca de Guayatayoc, y un relieve en aumento. La estratigrafía sísmica permite asociar esta unidad con la secuencia TS2 (Figura 6.3.C), la cual tiene un espesor de 1200m en sísmica y de 800m promedio en secciones estratigráficas.

En base a lo descripto anteriormente, se asignan estos depósitos con la sección basal de la Formación Río Grande (Pascual *et al.*, 1978; Siks y Horton, 2011), asociados con un segundo pulso de depositación en la cuenca. Las edades para esta unidad están discutidas. El desarrollo de la unidad inferior de la Formación Río Grande para Tres Cruces entre el Oligoceno Superior y el Mioceno, mientras que Siks y Horton (2011) datan dos tobas (a los 1000m y en el techo de la Formación) en el área de Cianza, edades de  $16,4 \pm 0,7$  Ma para la basal y de  $13,89 \pm 0,42$  Ma para la cuspidal de la sección basal.





**Figura 6.4.** Resumen de las principales características de la Formación Río Grande. A-Eschema de las facies más frecuentes en la Unidad. B- Variaciones en las paleocorrientes de la Formación. C- Variaciones en las dimensiones y volumen del desarrollo de canales entre la sección basal y superior de la Formación Río Grande. D-Columna Cruz con la representación de los principales límites de secuencia y las variaciones en la procedencia de conglomerados.



## Sección Superior

Esta unidad está caracterizada por un ambiente fluvial entrelazado similar al desarrollado en la sección basal, vinculada al desarrollo de las secuencias TS 3 y TS4. En el registro sedimentario se asocia con dos ciclos grano y estratocrecientes que comienzan con finos de planicie de inundación (FF) sobre el que prograda un sistema fluvial entrelazado con predominio de SB, CH y LS que finaliza con fracciones conglomerádicas (GB) con clastos que alcanzan 30cm de diámetro. Estas secuencias muestran una progradación de un sistema fluvial entrelazado de tipo arenoso-gravoso a un sistema fluvial entrelazado gravoso profundo (Figura 6.4.C), donde disminuye la sinuosidad de los canales, aumenta la energía con un consecuente aumento en la granulometría de los depósitos, y disminuyen progresivamente las planicies fluviales. En el techo de estas secuencias se pueden encontrar el elemento SG, mostrando una interacción entre sistemas fluviales entrelazados y flujos de gravedad vinculados a abanicos fluviales proximales. El elemento GB es predominante, aunque las barras gravosas de gran escala que forman los elementos de macroforma LA o DA pueden estar presentes. Un predominio creciente del elemento LA indica una gradación en uno de los estilos fluviales de sinuosidad superior. Varios tipos de ciclo pueden estar presentes, los ciclos de metros a decenas de metros de espesor que representan la migración distributaria y evolución del abanico, el canal con varios ciclos de relleno con espesores de pocos metros, y esos pocos decímetros de espesor representando programas de barra o eventos de inundación.

Las paleocorrientes muestran un cambio importante. En el sector Norte se observa un cambio de sentido hacia el Norte, en el sector Oeste hacia el sudeste, mientras que en el sector Este se mantienen relativamente constantes hacia el Este (Figura 6.4.BS). Estos cambios se interpretan como producto de una fuente puntual de aporte en el sector central – oeste de la cuenca, que genera un patrón distributivo en los sistemas fluviales. La procedencia en conglomerados nos muestra para el sector Norte y Oeste, una relación del cambio de las paleocorrientes con la aparición de una fuente del Grupo Salta mayor al 40%, probablemente vinculada al levantamiento de la Sierra de Aguilar.

A partir de la comparación con el trabajo de Siks y Horton (2011), se asocian las secuencias TS 3 y TS 4, con la sección superior de la Formación Río Grande en el área de Cianzo. Si bien esta localidad dista ~50 Km de la cuenca de Tres Cruces, nos permiten tener una edad mínima para la sección superior de la Formación Río Grande. Las tobas datadas por estos autores en el área de Cianzo nos permite ubicar esta unidad al Mioceno Superior entre los  $13,89 \pm 0,42$  Ma y  $9,69 \pm 0,04$  Ma.

## Formación Pisungo

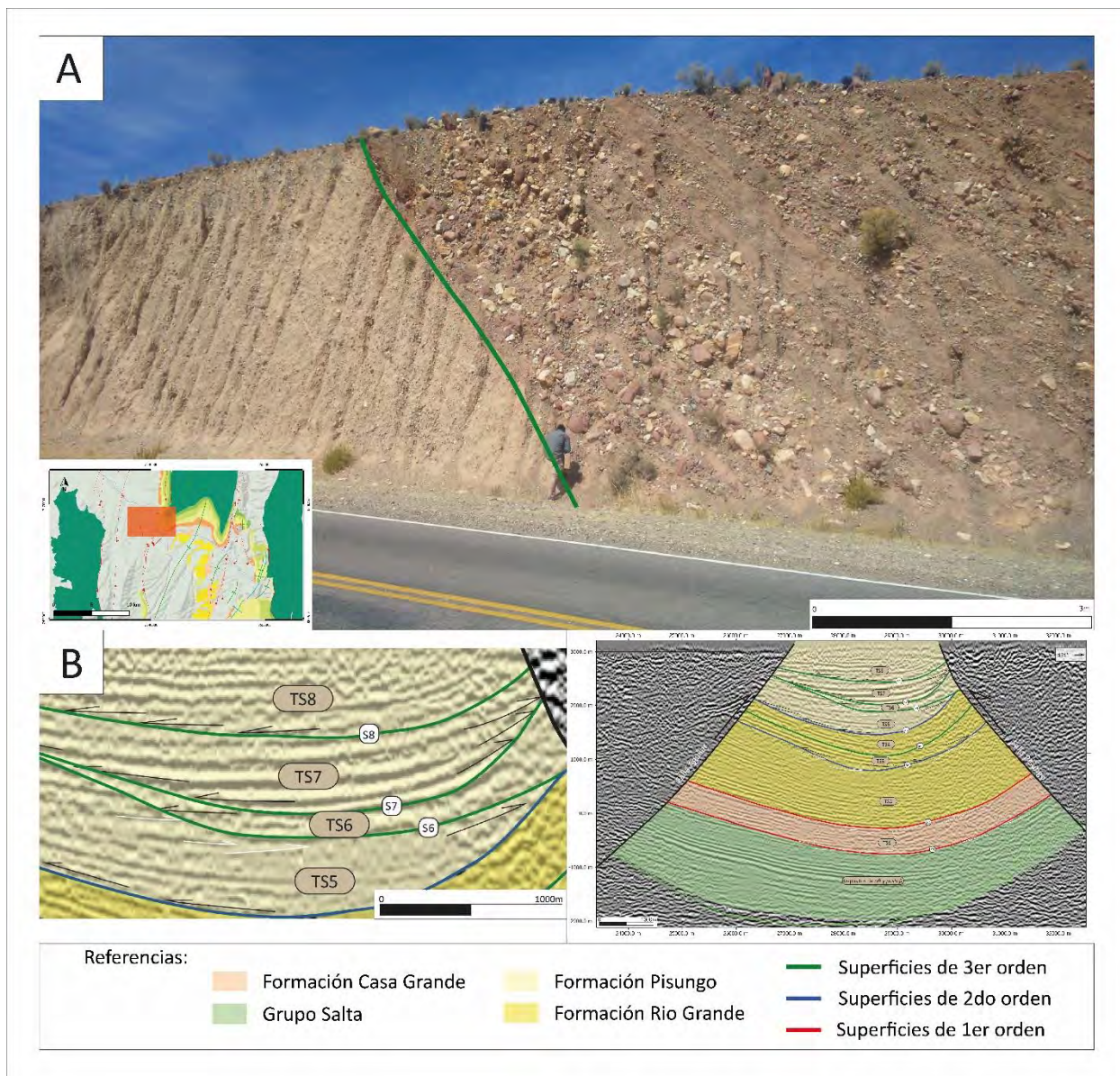
La Formación Rio Grande culmina con sistemas entrelazados gravosos que dan paso al desarrollo de una secuencia que registra el relleno de ríos entrelazados proximales y deltas entrelazados con una variedad de formas de lecho conglomerádicas, donde los elementos arquitecturales que predominan son las formas de lecho gravosas (GB) y en menor medida las arenosas (SB). Estos depósitos comúnmente forman cuñas conglomerádicas en forma de abanicos aluviales. Los estilos fluviales típicos de estos sistemas están asociados a depósitos donde predomina el elemento SG, por flujos de gravedad y, donde los flujos de gravedad son casi inexistentes, predomina el elemento GB. En ambos casos, los espesores de arena y de limo/pelita (elementos SB y OF) aparecen en forma aislada, vinculados con sedimentación por aguas bajas y en las orillas respectivamente. Los depósitos de conglomerado alcanzan tamaños de bloque con clastos que pueden superar los 50 cm de diámetro.

En la estratigrafía sísmica, estos depósitos se asocian con las secuencias TS5 a TS8, mostrando una íntima relación con el crecimiento de las fallas Aguilar y Pisungo. Las superficies que limitan cada tecto-secuencia se expresan con discordancias erosivas donde se produce un contraste importante en el tamaño de los clastos conglomerádicos (Figura 6.5.A). Estas características indican que estamos en el frente orogénico, como lo demuestran los clastos de pelitas del Subgrupo Santa Bárbara que aparecen preservados en los depósitos casi sin transporte. Es así que se pueden observar pulsos relativamente cíclicos asociados con eventos tectónicos, donde los ciclos de sedimentos presentan una asociación de litofacies Gmm, Gmg, Gci y Gcm, limitados por litofacies Sm, Sh y Fl, que indican el inicio/fin de cada evento (Figura 3.11). Las formas de estos depósitos son por lo general lobuladas, con bases planas a levemente cóncavas y techos convexos curvados. A su vez, al estar asociada a la deformación de la cuenca, hace que estos depósitos estén asociados a depocentros aislados, con mayor desarrollo en las geoformas sinclinales.

Las paleocorrientes presentes en esta unidad muestran un claro patrón distributivo, donde la columna Rio Grande muestra paleocorrientes preferentemente hacia el sudeste, la columna Tres Cruces Pueblo hacia el noreste y la columna Cruz hacia el Este (Figura 6.6.A). La procedencia muestra un depósito polimíctico con clastos que pueden alcanzar 1m de diámetro, mostrando en muchos casos evidencias de poco transporte, con clastos de poca consolidación preservados.

Su techo se encuentra en discordancia angular por depósitos modernos o por falla. En sísmica, su espesor máximo está medido en 2200m, mientras que en secciones no se pudo medir más de 800m de espesor.

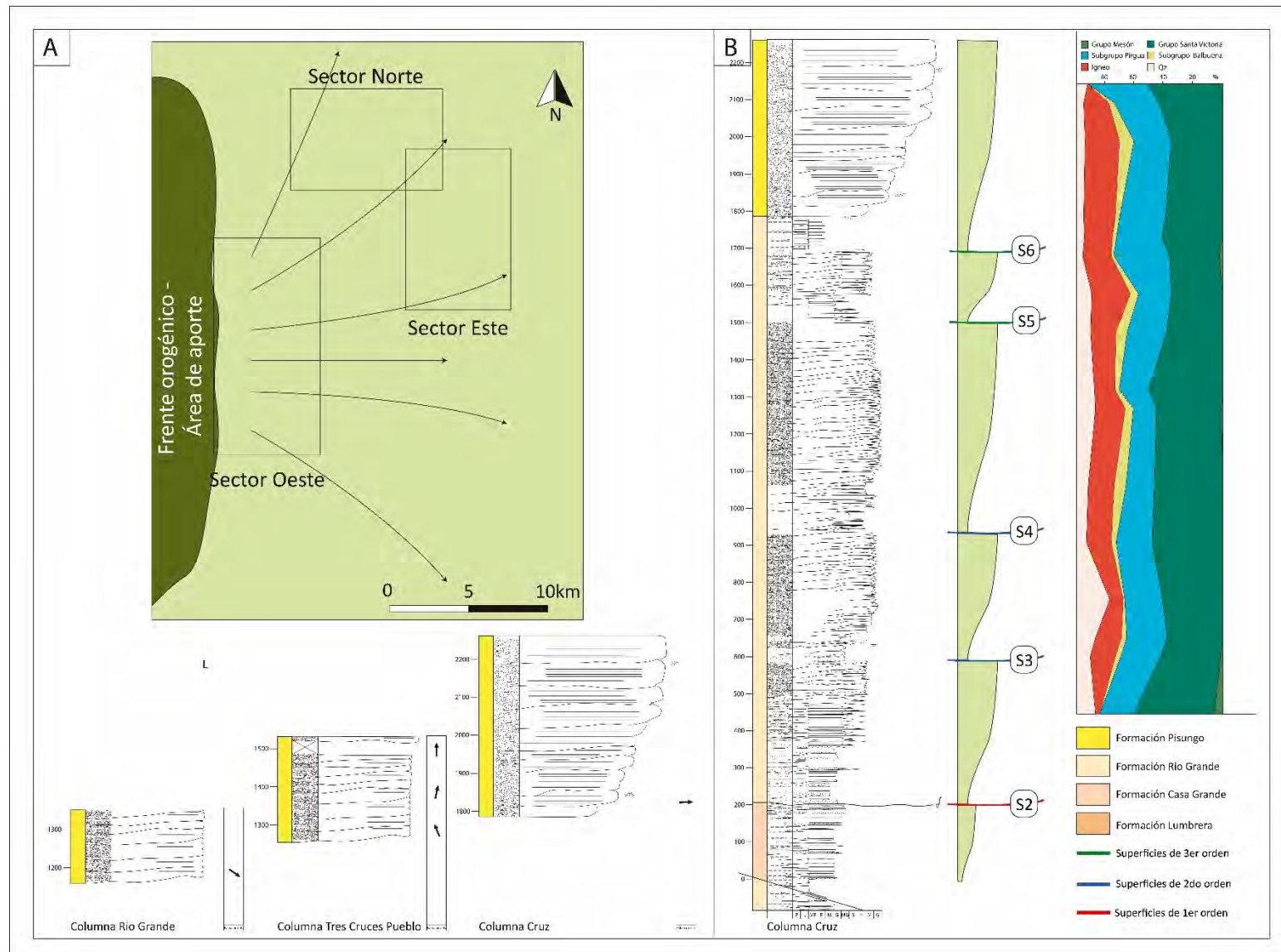
Las paleocorrientes medidas en los tres sectores estudiados, muestran un patrón distributivo (Figura 6.6), interpretándose como parte del desarrollo de un mega-abanico. La procedencia en conglomerados muestra un incremento en los clastos de la fracción ígnea.



**Figura 6.5.** Superficies TS 5 a TS 8. A- Vista de una superficie de tercer orden vinculada con un pulso de deformación. Como se puede observar, se caracteriza por un incremento en el tamaño de los depósitos y una discordancia. B-Vista de las superficies TS 5 a TS 8 en la línea sísmica 1201.

Esta sucesión se interpreta como la Formación Pisungo definida por Pascual *et al.* (1978). Su edad está definida por posición estratigráfica y sería menor a los  $9,69 \pm 0,04$  Ma (Siks y Horton, 2012 - techo de la Formación Rio Grande) y  $3,74 \pm 0,04$  Ma (Streit *et al.*, 2014), base de la Formación Mal Paso.





**Figura 6.6.** Resumen de las principales características de la Formación Pisungo. A-Columnas representativas para cada sector y mapa que muestra las variaciones en las paleocorrientes. B-Columna sedimentaria Cruz con las variaciones composicionales en el conteo de clastos y las superficies representadas.

## CAPÍTULO 7



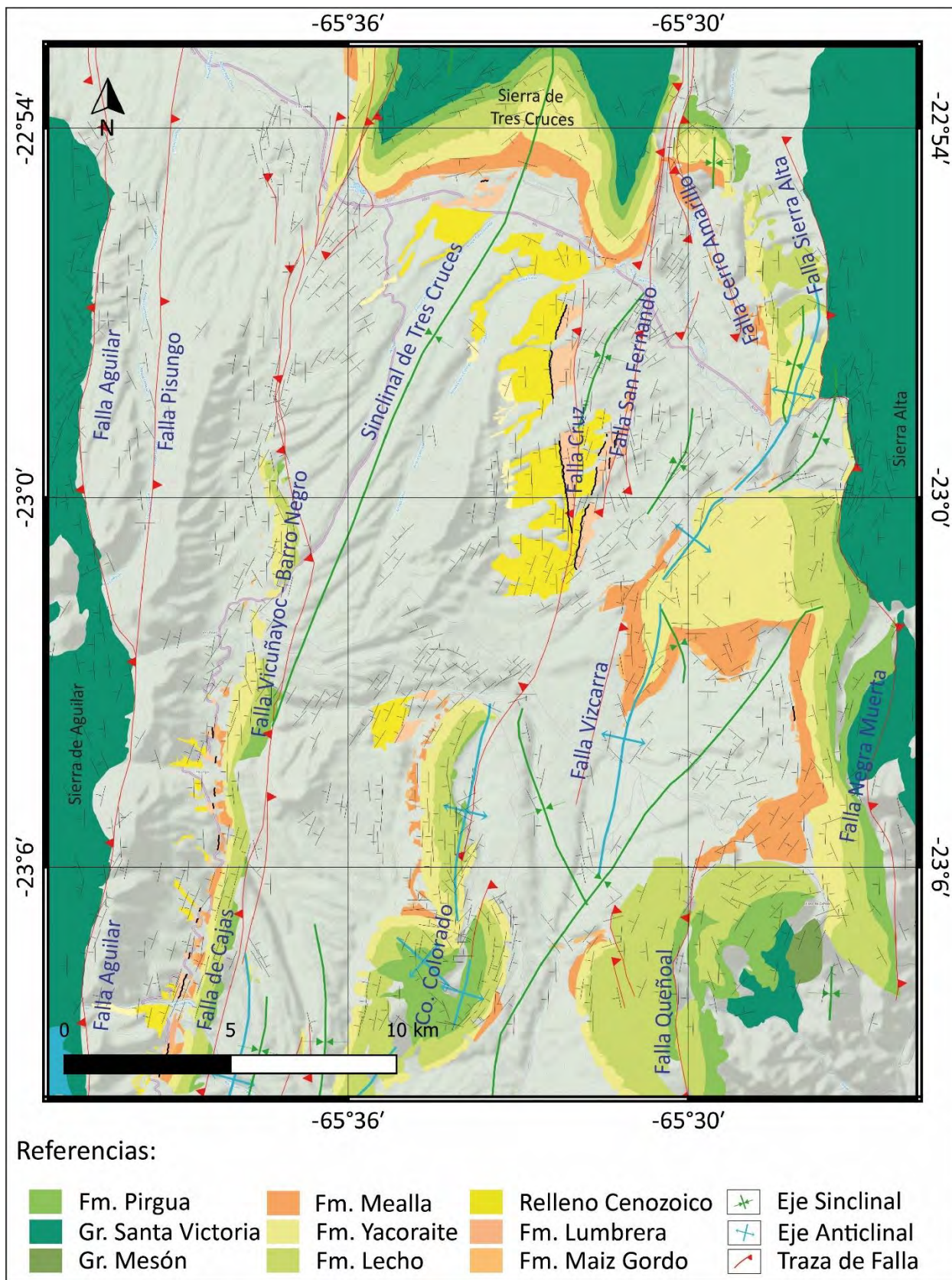
MODELO ESTRUCTURAL PARA LA CUENCA DE TRES CRUCES

## CAPITULO 7: MODELO ESTRUCTURAL PARA LA CUENCA DE TRES CRUCES

En el capítulo previo se realizó una diferenciación en tres unidades presentes a partir de un abordaje sedimentológico y estratigráfico, asociando a cada unidad con un paleoambiente, basado en modelos de facies y estratigrafía secuencial.

Este capítulo discute las variaciones estructurales a lo largo de la cuenca mediante la diferenciación en estructuras de primer, segundo y tercer orden; la influencia de estructuras heredadas en la evolución de la deformación y los gradientes de deformación y principales mecanismos de transferencia de las estructuras. Toda esta información confluye en un modelo estructural para la cuenca de Tres Cruces.



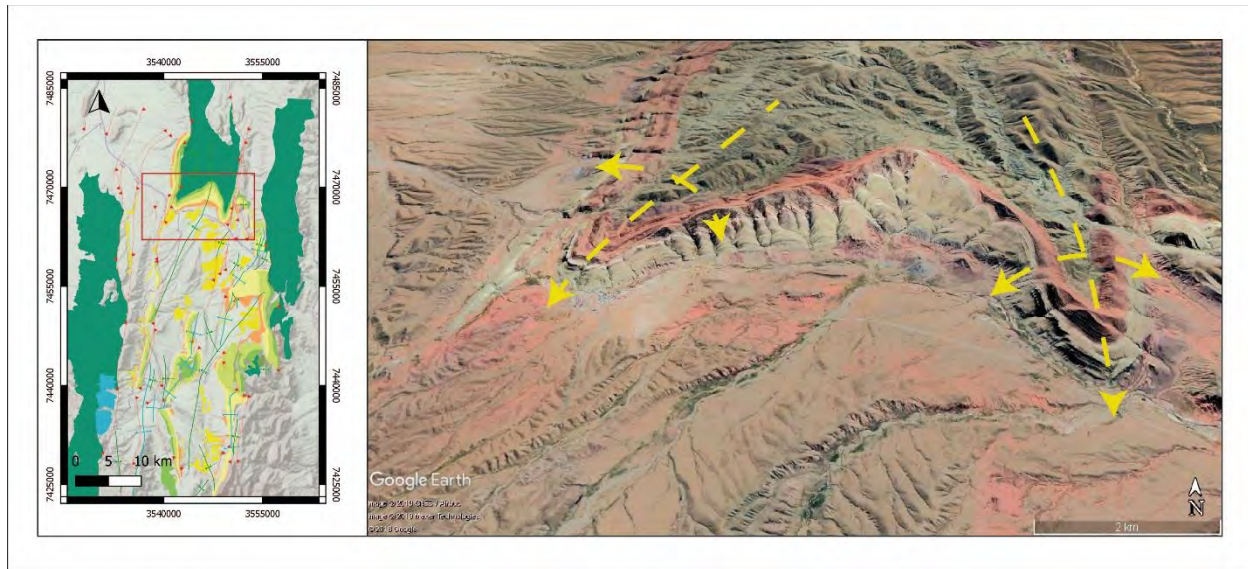


**Figura 7.1.** Mapa geológico estructural de la Cuenca de Tres Cruces

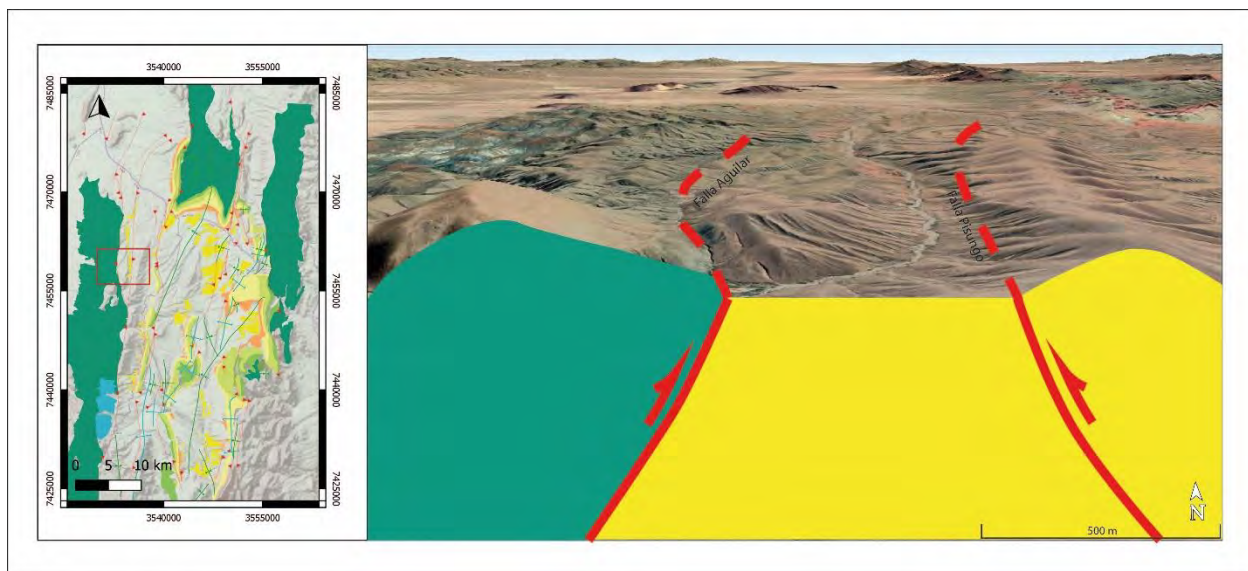
## Variaciones estructurales a lo largo de la cuenca

El sector estudiado presenta una elevada complejidad estructural. La cuenca se encuentra limitada al oeste por la Falla Aguilar con vergencia hacia el Este elevando la sierra homónima, compuesta principalmente por el Grupo Santa Victoria, y los granitos Aguilar y Abra Laite (Figura 7.1). El límite Este de la cuenca es estructuralmente más complejo y está asociado a un complejo de fallas con vergencia hacia el oeste que denominaremos Falla Sierra Alta. En los sectores norte y sur de la Cuenca, dos sinclinales se encuentran separados por un anticlinal central (anticlinal de Cajas y Tres Cruces). En el sector central de la Cuenca, el alto anticlinal desarrolla dos corrimientos contrapuestos generando un sinclinal central y dos anticlinales (Figura 7.1). Las estructuras dentro de la cuenca son extremadamente variables en rumbo y buzamiento. Estructuras con contornos sigmoidales son comunes en la cuenca (Cerro Colorado, Figura 7.1). Los ejes de pliegue a menudo se hunden rápidamente produciendo terminaciones abruptas. A su vez, dentro del relleno Cenozoico, varias escamas de piel fina generan estructuras de tipo pliegue por propagación de falla (Figura 7.6), pliegues tipo kink y en los niveles basales, deformación intraformacional (Figura 7.5). Al realizar un análisis superficial se pueden observar estructuras de distinta jerarquía. Como estructuras de primer orden podemos nombrar los lineamientos con rumbo NW – SE de escala regional que atraviesan la cuenca y generan zonas de transferencia de la deformación. Definidos por Boll y Hernandez (1983), son sectores donde se producen transferencias entre fallas de doble vergencia, el desarrollo de estructuras complejas tipo duplex y triplex y espacio de acomodación para sedimentos terciarios (Figura 7.1). Como estructuras de segundo orden podemos hablar de las fallas de Aguilar y Sierra Alta que limitan la cuenca y el conjunto anticlinal – sinclinal – anticlinal que compone la sierra de los Gigantes Dormidos, que es un rasgo que continúa hacia el sur de la cuenca (Figura 7.2, 3 y 4). Las estructuras de tercer orden están representadas por pliegues y fallas que disectan y complejizan las estructuras de primer orden tales como pliegues y fallamiento intraformacional (Figura 7.5), corrimientos en la cobertura Cenozoica con desarrollo de pliegues por propagación de falla (Figura 7.6), asociadas con una acomodación de la cobertura superficial a la deformación. Esto configura una disarmonía entre la deformación superficial y la deformación profunda de la cuenca, lo cual fue una gran complicación a la hora de interpretar las secciones.



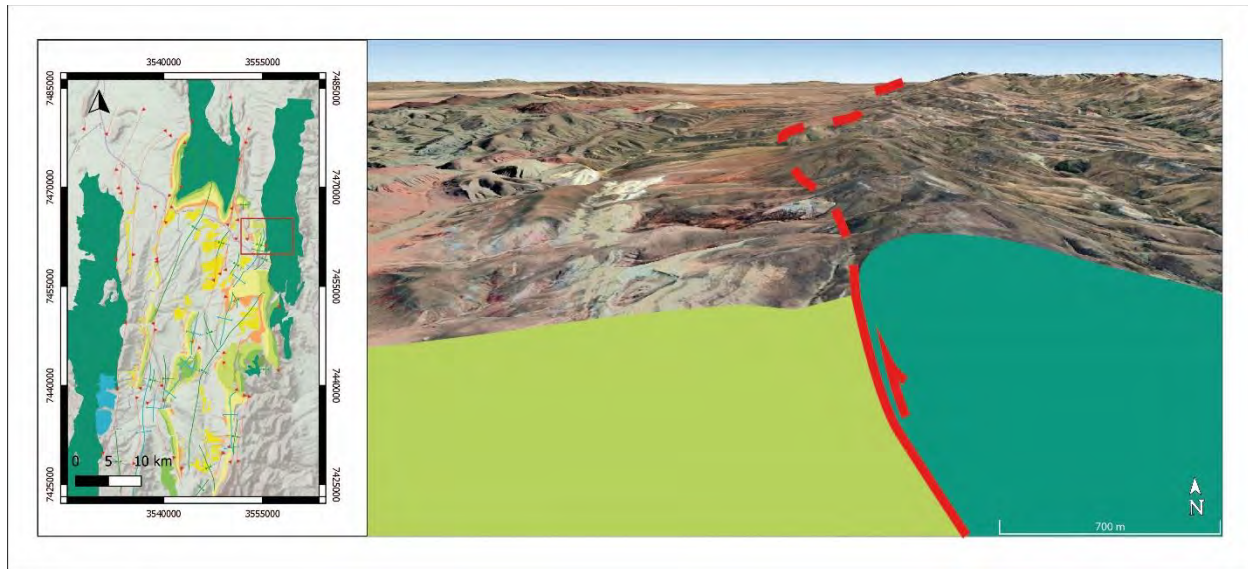


**Figura 7.2.** Vista satelital de la sierra de los Gigantes Dormidos donde se puede apreciar un conjunto de pliegues anticlinal – sinclinal – anticlinal de 2er orden, con ejes aproximadamente N-S con inclinación hacia el centro de cuenca.

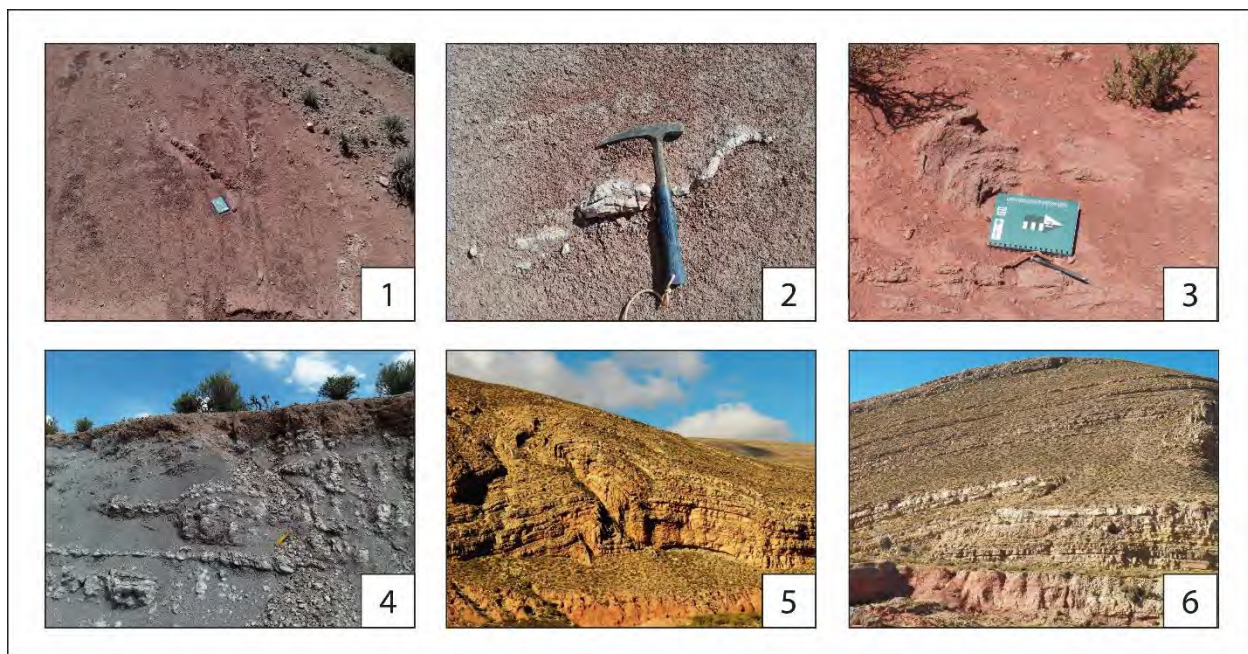


**Figura 7.3.** Vista oblicua de las Fallas Aguilar y Pisungo, estructuras de deformación de 2er orden. La falla Aguilar pone en contacto sedimentos del Grupo Santa Victoria con depósitos de antepaís, mientras que la Falla Pisungo pone en contactos sedimentos del Antepaís.



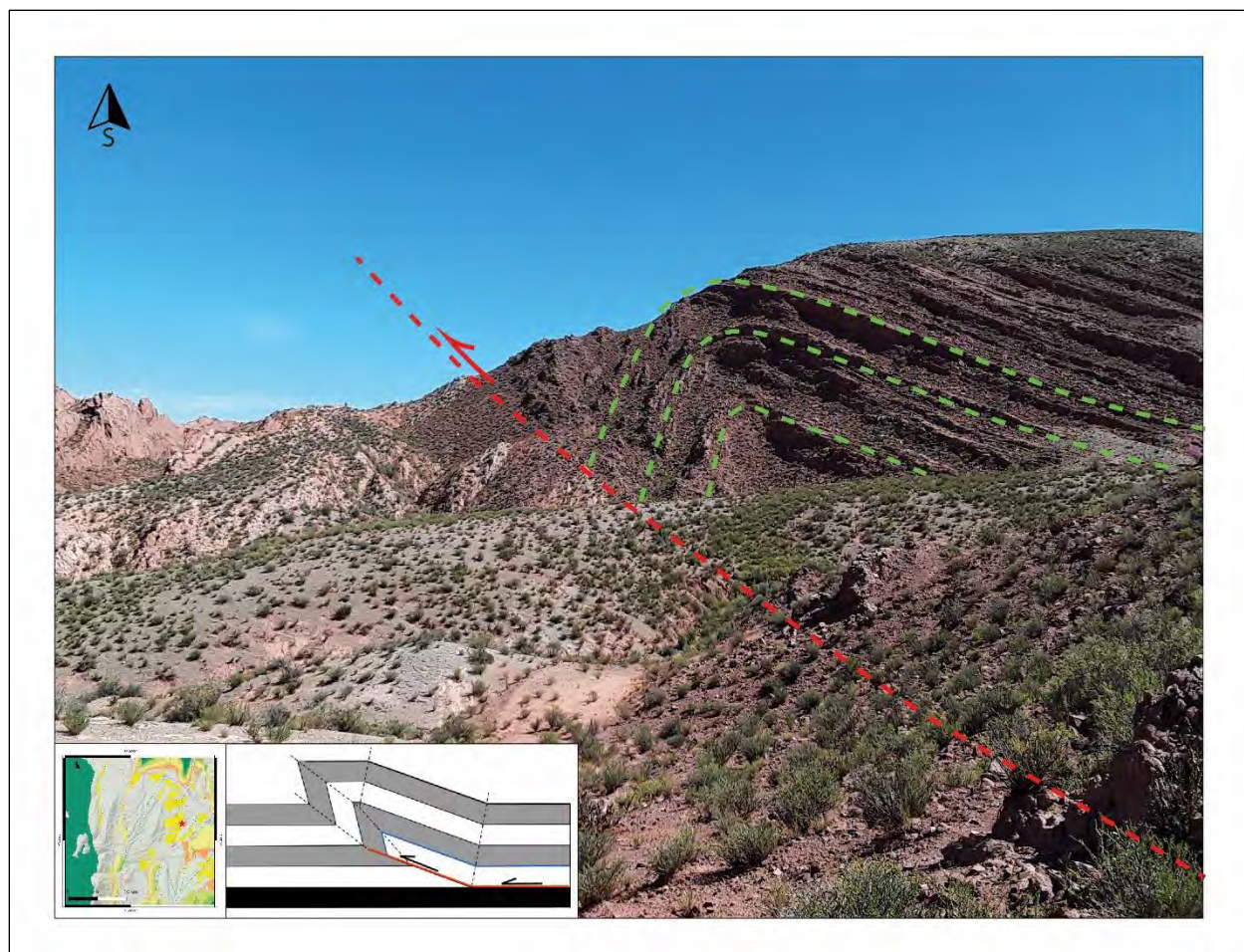


**Figura 7.4.** Vista oblicua de la Falla Sierra Alta, poniendo en contacto sedimentos del Grupo Santa Victoria con sedimentos del Grupo Salta.



**Figura 7.5.** Estructuras deformacionales intraformacionales de tercer orden. 1 y 2 – Pliegue dentro de la Formación Lumbrera. 3 – Pliegue de cuerpo de arenisca en el relleno de Antepaís. 4 – Pliegue dentro de la Formación Maiz Gordo. 5 – Pliegue por propagación de falla dentro de la formación Yacoraite. 6 – Falla dentro de la formación Yacoraite





**Figura 7.6.** Pliegue por propagación de falla dentro de la Formación Rio Grande.

### Influencia de estructuras heredadas, gradientes de deformación y transferencia

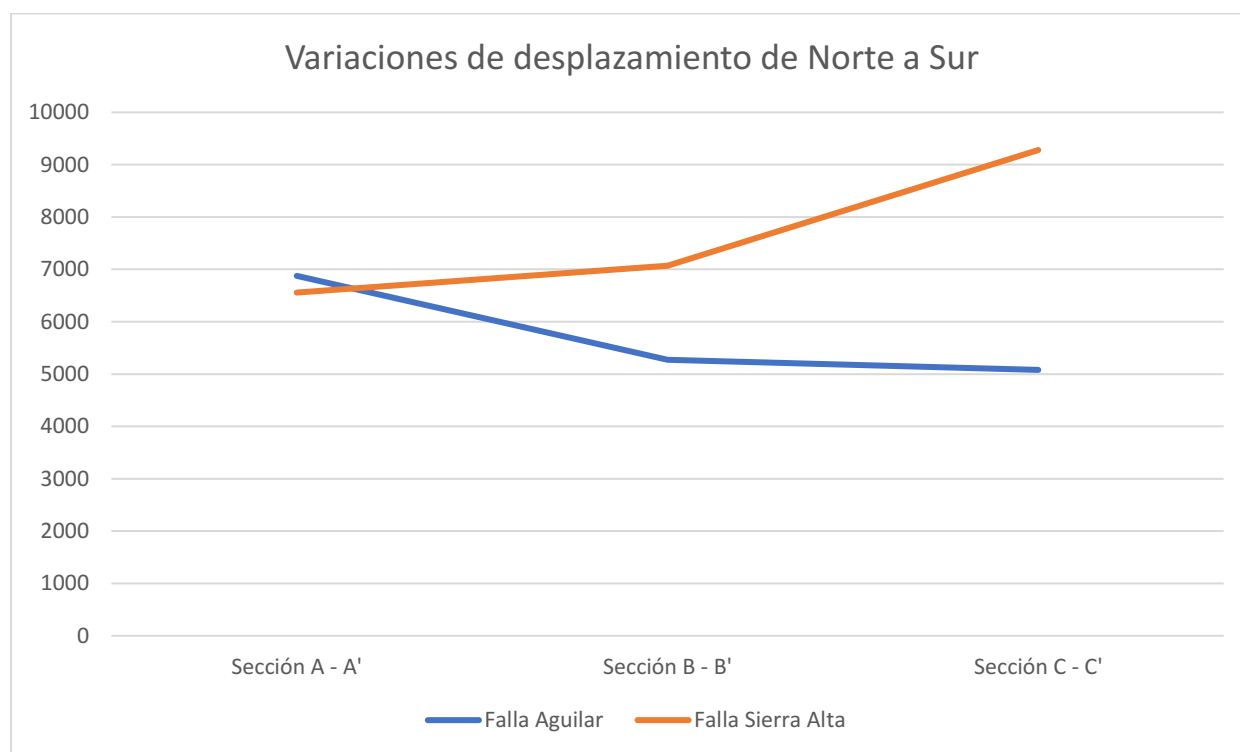
La importancia de las fallas de basamento preexistentes en la cuenca fue ampliamente discutida por Boll y Hernandez (1986) y Kley y Monaldi (2005), y a escala regional por Salfity (1985). Estos autores describieron los mecanismos de rifting durante el Cretácico y Paleógeno con el desarrollo de cuencas con orientaciones N, NNO y NO. Si bien hay una gran discusión sobre la influencia de estas estructuras en la deformación andina, la complejidad superficial presente en la cuenca sumada a los modelos desarrollados en esta tesis, permiten afirmar que hay influencia de estas estructuras. Como un ejemplo podemos nombrar la falla Vicuña yoc – Barro Negro presente en la sección A – A', sobre la cual se puede observar un leve incremento del espesor del Grupo Salta sobre la misma. Es importante remarcar cómo estas estructuras son reactivadas disectando la faja plegada y corrida desarrollada sobre la cuenca.

El modelado directo de estructuras geométrica y cinemáticamente viable permite estimar la contracción acomodada a lo largo de la estructura de las secciones. La aplicación de un solo enfoque de modelado

directo, es decir, el algoritmo de “*pliegues por flexión de falla*”, asegura la comparabilidad de las secciones transversales individuales (véase el capítulo 4 “Enfoque metodológico”).

La disminución del desplazamiento hacia el Sur sobre la falla Aguilar es consecuente con el incremento en el desplazamiento en la falla Sierra Alta, como se puede observar en la figura 7.6. Esta variación, donde la falla Aguilar pierde casi 2000m de desplazamiento hacia el Sur y la falla Sierra Alta gana más de 2000m de desplazamiento, podría estar vinculado con el lineamiento Tres Cruces de orientación ONO - ESE definido por Boll y Hernandez (1986), heredados de la extensión cretácica. Esta figura representaría un esquema posible de la transferencia de la falla Aguilar hacia la falla Sierra Alta a partir de un movimiento *dextral* del lineamiento Tres Cruces.

<b>Tabla 7.1.</b> Desplazamiento de las fallas Aguilar y Sierra Grande para cada sección.		
<b>Sección</b>	<b>Desplazamiento falla Aguilar</b>	<b>Desplazamiento falla Sierra Alta</b>
A - A'	6876	6557
B - B'	5275.5	7070
C - C'	5080	9280



**Figura 7.7.** Gráfico de líneas que compara las variaciones en desplazamiento de las fallas Aguilar y Sierra Alta.

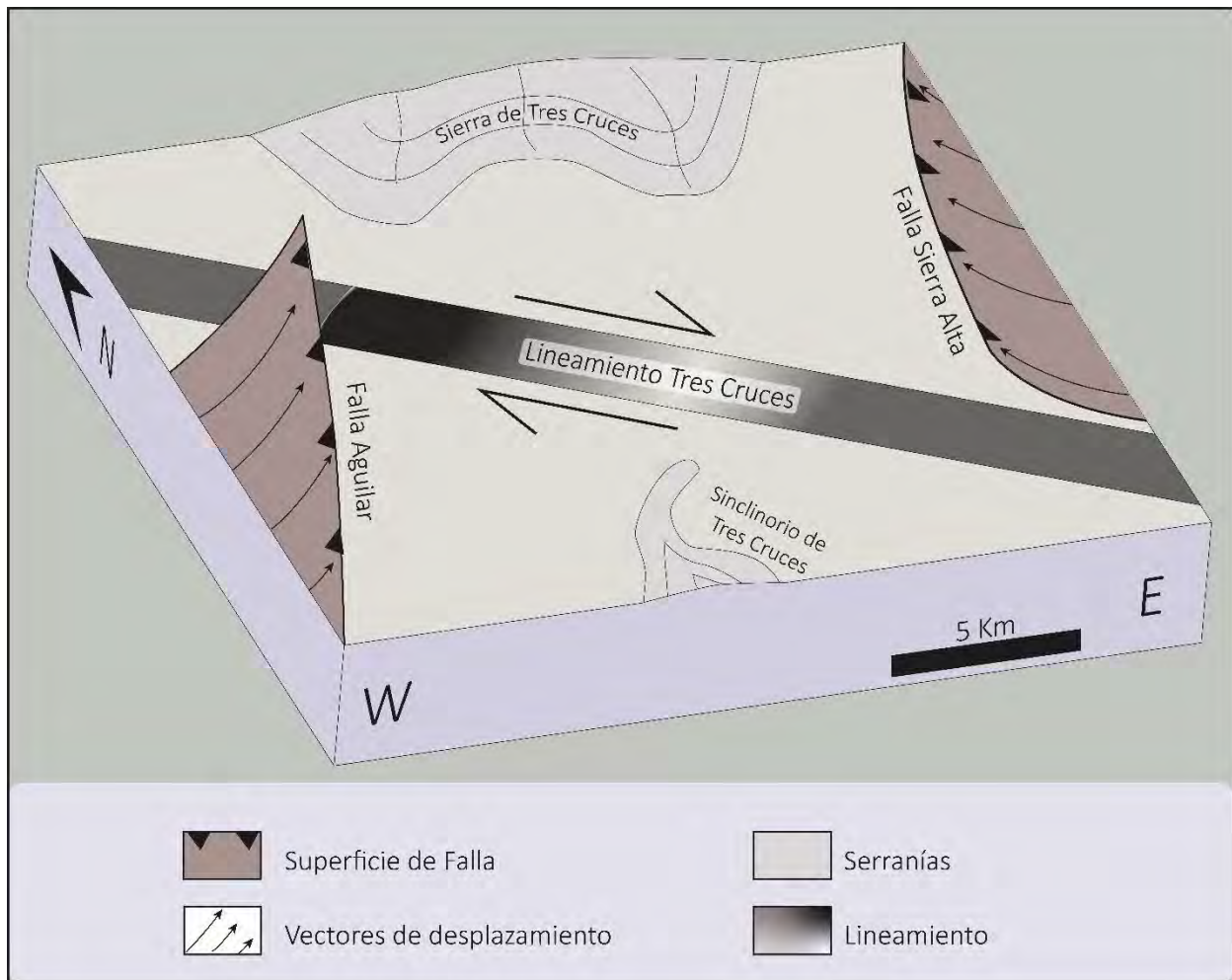
A su vez, hacia el Sur, la exposición del Grupo Salta por medio de las fallas Vicuñayoc y el Cerro Colorado de Tres Cruces (Figura 7.1), está mostrando que estas fallas están concentrando mayores



desplazamientos que en el sector Norte. Si bien no queda claro y que será discusión de futuros trabajos, es el rol que cumple en estas variaciones el lineamiento NW – SE que está ubicado entre las secciones, es muy probable que cumplan un rol de importancia en la transferencia de las estructuras principales, como el caso de las fallas Aguilar y Sierra Alta (Figura 7.8).

Más allá de estos resultados, las estimaciones de acortamiento realizadas hay que tratarlas con cautela. Solo se presentan como valores mínimos de acortamiento. Los valores reales pueden ser significativamente mayores teniendo en cuenta la erosión local de los bloques colgantes en las secciones transversales y si ajustamos la deformación con mecanismos de tipo *trishear*. Sin embargo, los resultados aquí obtenidos son de importancia para comprender los mecanismos y el estilo de deformación de la cuenca.

A la hora de analizar el acortamiento, a partir de las tres secciones retrodeformadas vemos un acortamiento promedio del 10,8% para el sector norte de la cuenca, lo que se traduce en casi 20km de acortamiento de una sección de 180km. Este acortamiento es comparable con los resultados obtenidos por Coutand *et al.* (2001).



**Figura 7.8.** Modelo de transferencia entre las fallas Aguilar y Sierra Alta

### Modelo Estructural

A partir del análisis de las estructuras observadas en el área de estudio, sumado a la construcción de secciones balanceadas y la evolución cinemática propuesta, se pudo establecer una vinculación entre las estructuras invertidas de basamento, las estructuras de piel gruesa y las de piel fina que se combinan para generar la configuración tectónica actual de la cuenca de Tres Cruces.

En el esquema general propuesto, se considera el modelo de Jordan y Alonso (1987) entre otros, donde el desarrollo de la cuenca de Tres Cruces se da como parte de una gran cuenca de antepaís que posteriormente evolucionó como una cuenca de antepaís fragmentado (Ramos, 2010; Strecker *et al.*, 2011). En el modelo aquí presentado se observa cómo una vez que la deformación activó la falla de Sierra Alta, las fallas normales con vergencia al Oeste, se invierten y cortan la faja plegada y corrida de piel gruesa (reconstrucción palimpástica, ver capítulo 5). Se puede observar cómo las fallas Aguilar y Sierra Alta (ver

secciones A – A', B – B' y C – C' en Capítulo 4) concentran casi toda la deformación mientras que las estructuras heredadas generan una tectónica de bloques a través de la inversión. A su vez, se generan corrimientos de piel fina utilizando como despegue la Formación Maíz Gordo del Subgrupo Balbuena acomodando la deformación superficial, utilizando los pliegues por propagación de falla como mecanismo principal (Figura 7.6). En las tres secciones estudiadas, las dos fallas más importantes, Aguilar y Sierra Alta, son las que concentran la mayor deformación. El desplazamiento promedio transmitido por la falla Aguilar es de 5.7km mientras que el de la falla Sierra Alta es de 7.6km. El resto de la deformación es transmitida a estructuras de piel gruesa secundarias y a estructuras de segundo y tercer orden. Cabe destacar la transferencia que se produce de Norte a Sur entre las estructuras de vergencia Este y las de vergencia Oeste, incrementando las últimas y reduciendo las de vergencia Este. Esto podría estar asociado a zonas oblicuas con rumbo NW, las cuales sugieren la influencia de estructuras de basamento de mayor nivel (Figura 7.8).



## CAPÍTULO 8



DISCUSIÓN

## CAPÍTULO 8: DISCUSIÓN

La discusión del presente trabajo contempla la evolución paleoambiental en función de los diferentes episodios de deformación en la cuenca de Tres Cruces. Una vez definida la evolución, se plantea una discusión sobre el modelo estructural definido para la cuenca de Tres Cruces. De forma final, se evaluarán las implicancias y alcances regionales del análisis realizado dentro del marco de los Andes Centrales.

### Evolución Cenozoica de la Cuenca de Tres Cruces

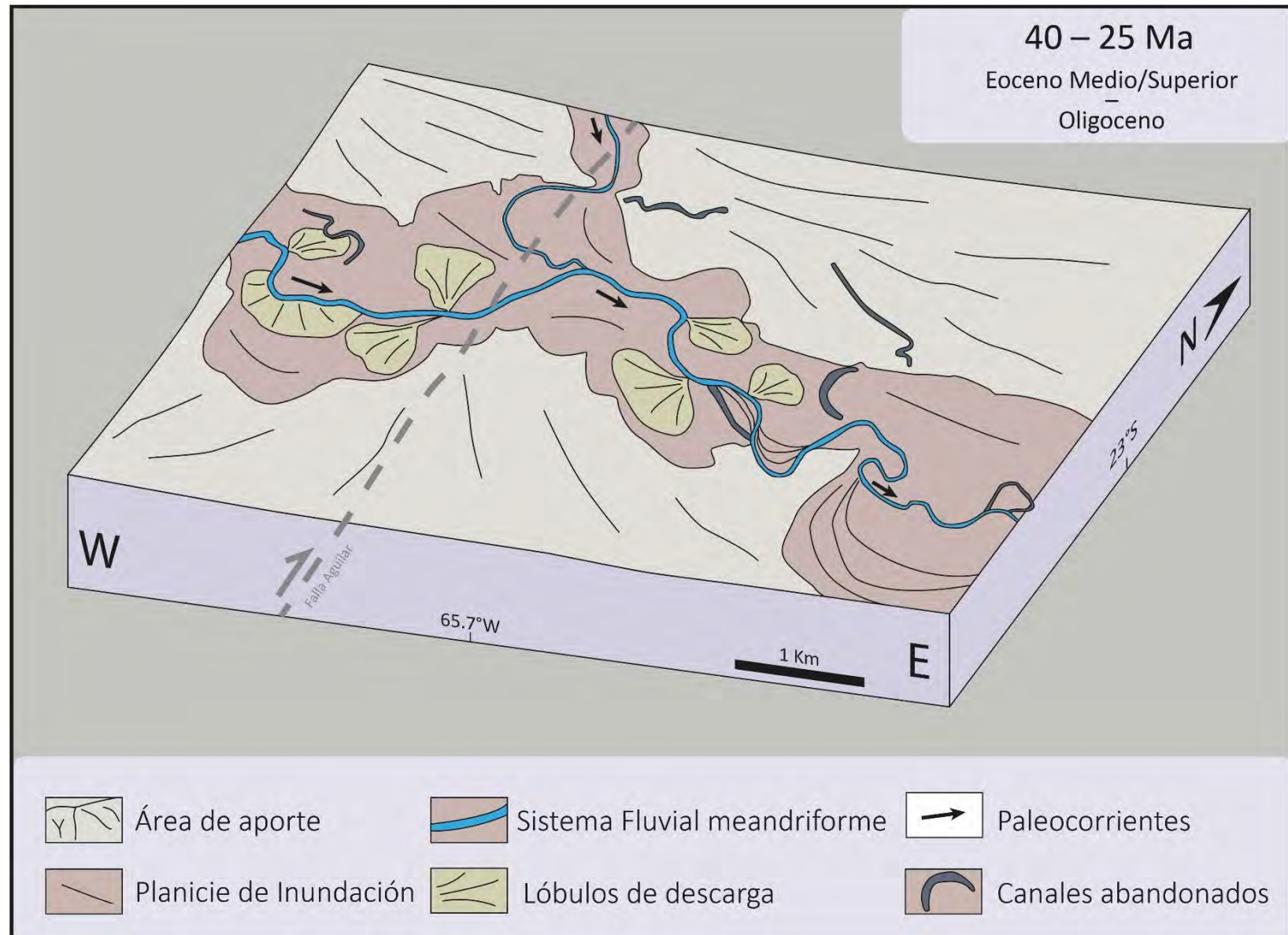
El modelo estructural propuesto en conjunto con las características sedimentológicas y paleoambientales nos brindaron información de la paleogeografía para comprender la relación entre el desarrollo de los ambientes con el avance del frente orogénico. El uso de la estratigrafía secuencial en cuencas sin conexión al mar y las edades definidas por distintos autores para las unidades nos brindaron un anclaje temporal para definir una cronología de los distintos episodios tectosedimentarios.

Se presentan una evolución paleoambiental temporal en función de la paleotopografía, considerando distintas etapas sucesivas caracterizadas por unidades de acumulación limitadas por superficies de discontinuidad que registran variaciones en los ambientes depositacionales y en las condiciones tectónicas. En función de estos datos y sobre la base de trabajos previos, se definieron cinco estadios evolutivos para la cuenca de Tres Cruces, desde el inicio del antepaís en el Eoceno Medio/Superior hasta el Plioceno.

### Secuencia 1 - Casa Grande: Eoceno Medio/Superior – Oligoceno (40 – 25 Ma)

Durante el Eoceno Medio/Superior al Oligoceno, durante los estadios finales del relleno de *postrift* del Grupo Salta, se produce un levantamiento incipiente de un frente orogénico al Oeste de la cuenca de Tres Cruces, producto de un incremento de la deformación en el retroarco (Faccena *et al.*, 2017), evidenciado por la progradación de un incipiente sistema fluvial sobre la Formación Lumbrera. Las características de esta progradación, transicional y paraconcordante sobre los depósitos de la Formación Lumbrera (*postrift*), vinculada a los antiguos depocentros cretácicos (Figura 8.4). Las características sedimentológicas permiten interpretar el desarrollo de un sistema fluvial meandroso efímero de grano fino, donde las paleocorrientes muestran una fuente de aporte distal desde el Oeste y la procedencia en areniscas marcan un incremento lineal del contenido clástico por sobre el cuarzoso. Estas características se encuentran esquematizadas en el esquema de la Figura 8.1, donde se puede apreciar el desarrollo de un sistema fluvial a expensas de un frente orogénico en el Oeste.





**Figura 8.1.** Esquema de evolución para el periodo comprendido entre el Eoceno Medio/Superior y el Oligoceno en la cuenca de Tres Cruces.



La cuenca de Tres Cruces se encontraría en el marco de un antepaís distal, en una transición entre una subsidencia termal y una subsidencia por flexura producto del frente orogénico elevándose al Oeste, posiblemente vinculado con la sierra de Tusaquillas. La ausencia de señales volcánicas para este momento podría estar vinculada con una horizontalización de la placa de Nazca y una baja intensidad del vulcanismo (James y Sacks, 1999; Trumbull *et al.*, 2006; Kay y Coira, 2009) que explicaría el hiatus magmático entre los 38 – 27 Ma.

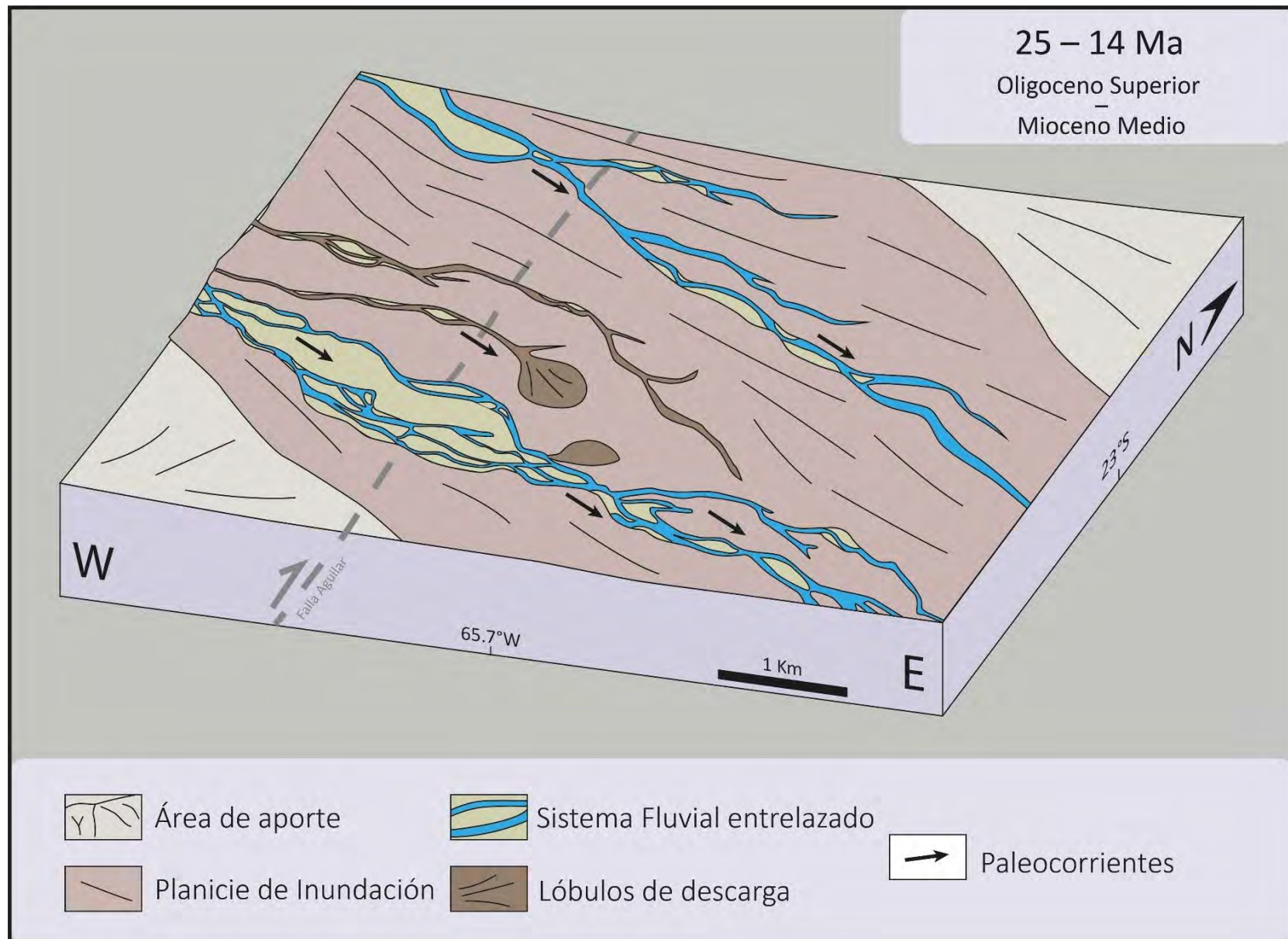
En cuanto a las características tectónicas de la cuenca para este momento, se pueden observar estructuras de deformación sinsedimentaria en la Formación Lumbrera y base de Casa Grande coincidente con las descritas por Montero Lopez *et al.*, (2018), (Figura 7.4), lo cual nos estaría indicando actividad tectónica cercana, posiblemente asociada al avance del frente orogénico al Oeste. Si bien Montero Lopez *et al.*, (2018) asocia estas estructuras con reactivación de fallas vinculadas al rift del Grupo Salta en el sector Sur de la cuenca de Tres Cruces, en el sector Norte no se observa esa vinculación. La Figura 8.6 – A muestra la situación tectónica vinculada con la depositación de la Formación Casa Grande en la cuenca de Tres Cruces.

#### Secuencia 2 - Río Grande Inferior: Oligoceno Superior – Mioceno Medio (25 – 14 Ma)

Este periodo se caracteriza por un avance del frente orogénico, el cual se traduce en un cambio de un sistema fluvial meandriforme efímero a un sistema entrelazado. Este cambio ambiental está acompañado de un incremento en el tamaño de grano. Si bien para este momento la cuenca de Tres Cruces no se encuentra incorporada al sistema orogénico, se observan una progradación del sistema fluvial que marca la proximidad del frente de deformación. La transición con la secuencia anterior se da de manera neta y concordante a discordante erosiva, mostrando un incremento en la tasa de sedimentación frente al espacio de acomodación, asociado a un incremento de la relación canales/planicies fluviales. Los depósitos están representados por la Formación Río Grande inferior, caracterizada por ser grano y estratocreciente. Sus paleocorrientes se mantienen constantes hacia el Este, mostrando una fuente de aporte similar a la de la Formación Casa Grande (Figura 8.2). La procedencia en conglomerados nos permite asociar estos depósitos con la exhumación de bloques de basamento al Oeste a la vez que la presencia de clastos ígneos de origen plutónico nos indica también la exhumación de cuerpos ígneos.

En cuanto a la cuenca de Tres Cruces, los depósitos asociados a este momento nos siguen mostrando una fuerte vinculación con depocentros cretácicos (Figura 8.4), desconectados con la

deformación de la cuenca, por la que se interpreta como parte central – proximal de una cuenca de antepaís con un frente orogénico hacia el Oeste (Figura 8.6 – B).



**Figura 8.2.** Esquema de evolución durante el Oligoceno para la Cuenca de Tres Cruces.

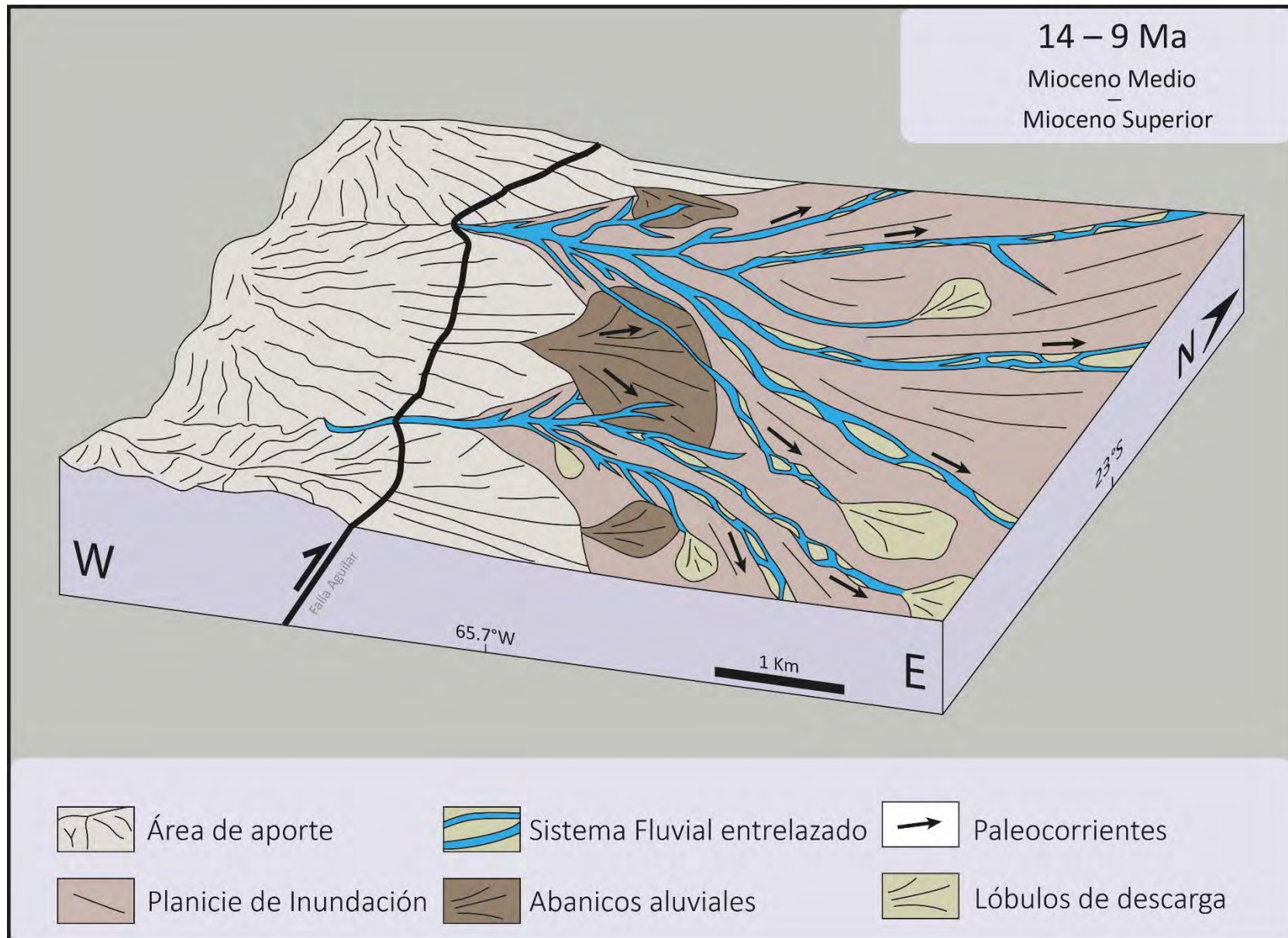


La ausencia de señales volcánicas está vinculado con un empujamiento de la losa de Nazca, la cual retrae el arco volcánico hacia el Oeste, en el margen occidental de la Puna (Allmendinger *et al.*, 1997). A su vez, este incremento en el ángulo de la losa, da inicio a una deformación generalizada a partir del Oligoceno para la Puna y Cordillera Oriental, la cual se puede ver reflejada en los productos sedimentarios (Trumbull *et al.*, 2006).

### Secuencia 3 – Río Grande Superior: Mioceno medio – Mioceno superior (14 – 9 Ma)

Este episodio está caracterizado por la incorporación de la cuenca de Tres Cruces al sistema orogénico. A partir del análisis estratigráfico secuencial y su vinculación con los análisis sedimentológicos, este episodio conformado por la Formación Río Grande Superior está compuesto por las secuencias TS3 y TS4 las cuales están vinculadas al crecimiento de la falla Aguilar. En cuanto a sus características sedimentológicas, está conformada por ciclos grano y estratocrecientes que marcan los pulsos de deformación de la cuenca (Figura 6.6.B). El ambiente deposicional característico para esta secuencia está definido por un sistema fluvial entrelazado proximal, con el desarrollo de barras gravosas (SB) y conglomeráticas (GB) y pequeños pulsos vinculados con abanicos distales (Figura 8.3). Las paleocorrientes marcan un cambio significativo, mostrando un diseño distributivo vinculado con una fuente puntual asociada a la Sierra de Aguilar. Se produce un incremento considerable en las fracciones gruesas con mucha presencia de conglomerados y cambio de canales arenosos con barras gravosas a canales gravosos con barras arenosas. A su vez, las variaciones en la procedencia de conglomerados para cada sector estudiado, muestra el detrimento en clastos del Grupo Salta versus fuentes Cambro – Ordovícicas nos muestra la erosión de la cubierta de *rift* y la exhumación de sedimentitas correspondientes a los grupos Santa Victoria y Mesón.

Tectónicamente, estamos en los primeros estadios de deformación de la cuenca de Tres Cruces y en una transición entre el último estadio de una cuenca de antepaís proximal y el inicio de una cuenca intermontana (*piggi-back*), donde la generación de espacio está íntimamente ligada al desarrollo de la cuña orogénica (Figura 8.6 – C).



**Figura 8.3.** Esquema de evolución para el periodo de tiempo comprendido entre el Mioceno Medio al Mioceno Superior en Tres Cruces.

A partir de los 15 Ma se registra un vulcanismo extremo para la Puna Norte entre los 20° y 23° S con el desarrollo de los principales centros volcánicos (Trumbull *et al.*, 2006; Kay *et al.*, 2010; Maro y Caffè, 2017). La ausencia del registro de estos eventos en los depósitos sedimentarios puede estar vinculado a la dinámica de los sistemas fluviales presentes que dificultan su preservación.



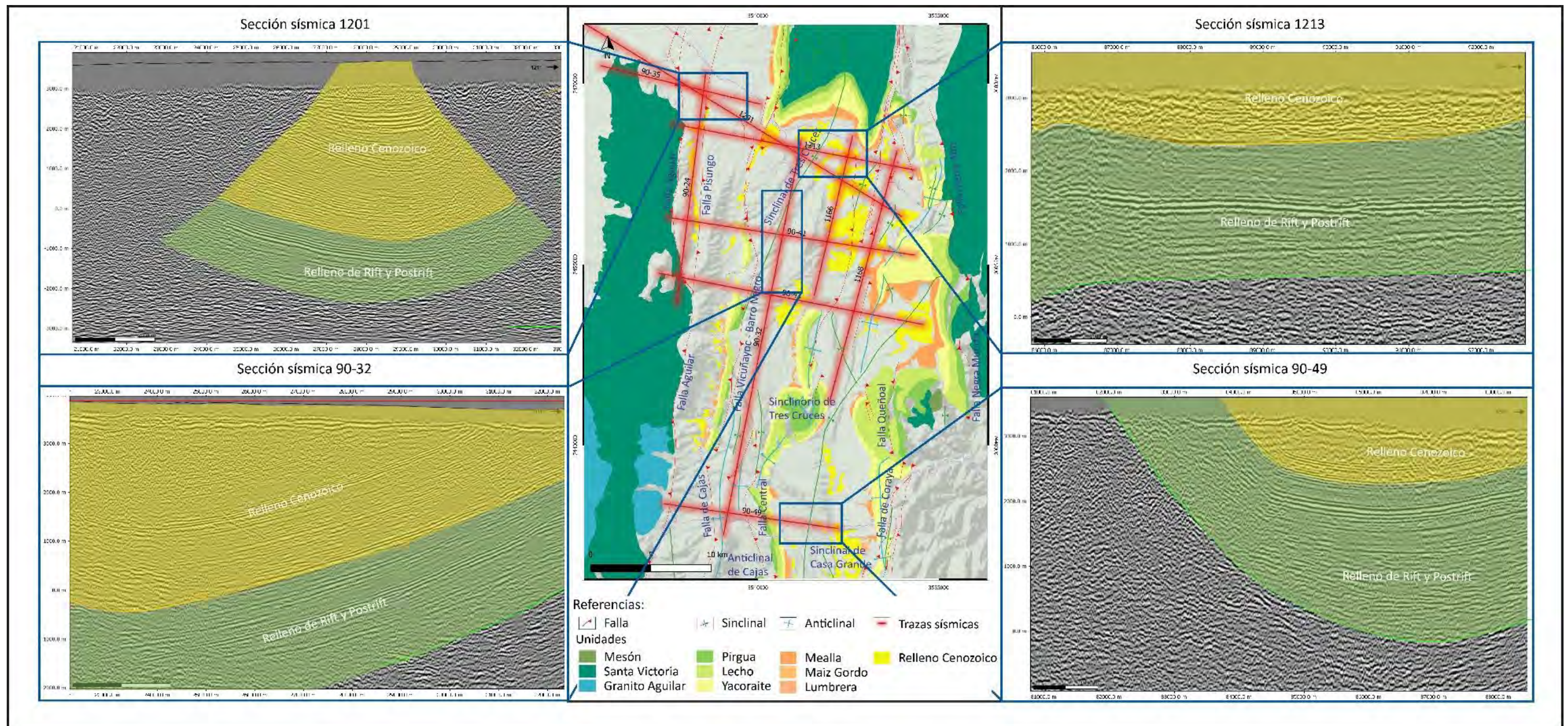


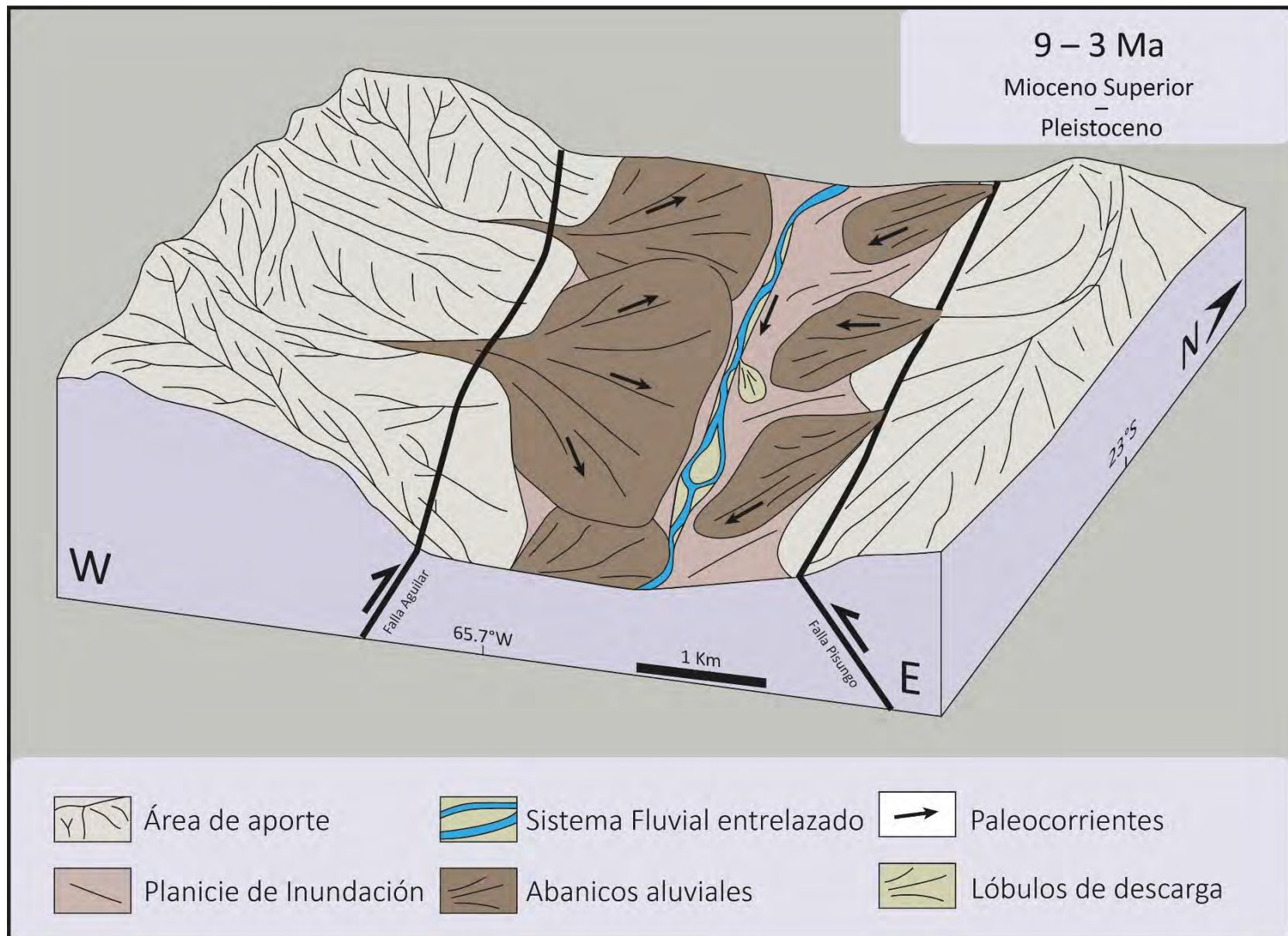
Figura 8.4. Principales depocentros del relleno de antepaís en la cuenca de Tres Cruces.



#### Secuencia 4 - Pisungo: Mioceno Superior – Pleistoceno (9 – 3 Ma)

Durante el Mioceno Superior se da la mayor expresión de la deformación en la cuenca de Tres Cruces vinculada con las secuencias depositacionales TS5, TS6, TS7 y TS8 correspondientes a la Formación Pisungo, donde los depósitos están íntimamente asociados al crecimiento de estructuras tectónicas. El ambiente interpretado para este momento es el de abanicos proximales asociados a fallas y pliegues anticlinales y ríos colectores con circulación N – S, similares a los presentes actualmente en la cuenca (Figura 8.5). Esta unidad, poco aflorante y restringida a depresiones sinclinales locales en Tres Cruces, se caracteriza por depósitos con geometrías muy caóticas y tamaños de clastos que superan los 50cm de diámetro. Las paleocorrientes son extremadamente variables, mostrando un abanico de fuentes desde el Norte al Oeste al Sur. Composicionalmente, no presenta grandes variaciones con respecto a la sección basal de la Formación. Sus características y la preservación de clastos de pelita del Subgrupo Santa Bárbara nos indican la baja capacidad de transporte de estos sistemas, con pendientes elevadas y fuentes de aporte muy proximales.

Durante este episodio se registra el momento de mayor deformación para la cuenca de Tres Cruces, posiblemente asociado al engrosamiento cortical de la Puna, donde se rompe la cuenca intermontana a partir de corrimientos y retrocorrimientos que acumulan toda la deformación (Figura 8.5 – E). Se estima que para este lapso de tiempo se generó el 75% del acortamiento de la cuenca, finalizando con una configuración estructural cercana a la configuración actual. Es importante remarcar que la deformación en Tres Cruces involucra toda la sucesión sedimentaria desde el Grupo Salta hasta el relleno de antepaís, por lo cual, la deformación más importante dentro de la cuenca se dio posterior a la depositación de las formaciones Casa Grande y Río Grande.



**Figura 8.5.** Esquema de evolución para el periodo de tiempo comprendido entre el Mioceno Superior al Pleistoceno en Tres Cruces.



A pesar de la intensa deformación y el volumen de acortamiento para este tiempo, no hay vulcanismo asociado para este sector, registrándose grandes centros volcánicos hacia el Oeste, en la Puna, vinculados a una importante fusión de material cortical (Coira y Kay, 1993).

#### Secuencia 5: Pleistoceno – Actualidad (3 Ma – Actualidad)

Último episodio de depositación en la cuenca vinculado con el relleno y colmatación de la cuenca. El relleno consiste en depósitos mayormente fluviales asociados a abanicos con algún depósito lacustre subordinado representados por la Formación Mal Paso, depositado entre los 3,8 y 0,8 Ma. Es el resultado de la desvinculación de la cuenca de Tres Cruces de un sistema fluvial extrínseco, generando una agradación contra la Sierra Alta. Este fenómeno genera una agradación de 120 m de sedimentos que se conservan en posición horizontal a subhorizontal (basculan menos de 5°). Las paleocorrientes medidas por Streit *et al.* (2015) indican una dirección de flujo vinculada con la configuración actual de las pendientes.

Esta unidad sería la consecuencia del final de la deformación en la cuenca de Tres Cruces (Figura 8.6 – F) y colmatación de la misma hasta los 0,8 Ma donde se produce una incisión mayor a 150 m, a partir de la conexión entre la cuenca de Casa Grande y Humahuaca por el Río Yacoraite (Streit *et al.*, 2015). Esta conexión de los sistemas fluviales habría generado la erosión que puede observarse hoy en día en la cuenca de Tres Cruces.

Es importante destacar que esta secuencia presenta tres niveles de depósitos volcanoclásticos, los cuales representan el primer registro de vulcanismo en la cuenca.

#### Evolución estructural de la cuenca de Tres Cruces

En las cuencas de antepaís de la Cordillera Oriental, se ha debatido durante décadas sobre el origen de las cuencas y el estilo de deformación. Si bien en todos los casos se concuerda en la importancia e influencia de estructuras preexistentes asociadas con el Rift Cretácico, Coira *et al.* (1982), Jordan y Alonso (1987), entre otros, describen a Tres Cruces como parte de una gran cuenca de antepaís posteriormente fragmentada y deformada principalmente por la reactivación de estructuras heredadas; Rubiolo (1999) plantea el desarrollo de una faja plegada y corrida de piel gruesa con una gran lámina de corrimiento al oeste de Tres Cruces como único mecanismo; Rodríguez Fernández *et al.*, (1999) define el estilo estructural de la cuenca como una faja plegada y corrida de piel gruesa con retrocorrimientos asociados a las heterogeneidades del Rift de Salta; Coutand *et al.* (2001) define a la cuenca de Tres Cruces como de tipo intermontana durante la orogenia andina; Gómez Omil y Boll (2005) interpretan una intensa

deformación polifásica donde reconocen una tectónica de lámina delgada como de lámina gruesa con una posible inversión tectónica; Siks y Horton (2011) plantean el desarrollo de la cuenca de antepaís que evoluciona hacia una cuenca intermontana; Ramos *et al.* (2010) introducen el concepto de “*antepaís fragmentado*” para denominar a una faja plegada y corrida que se desarrolla sobre un área con muchas heterogeneidades estructurales y que las utiliza como mecanismos de deformación, posteriormente discutido por Strecker *et al.* (2011) y Hongn *et al.* (2011). En este sentido, Montero Lopez *et al.* (2017) retoma esta idea con más fuerza a partir de la descripción de estructuras de deformación sinsedimentarias asociadas a la reactivación e inversión de estructuras de rift, vinculadas a la evolución de esta cuenca de antepaís fragmentada.

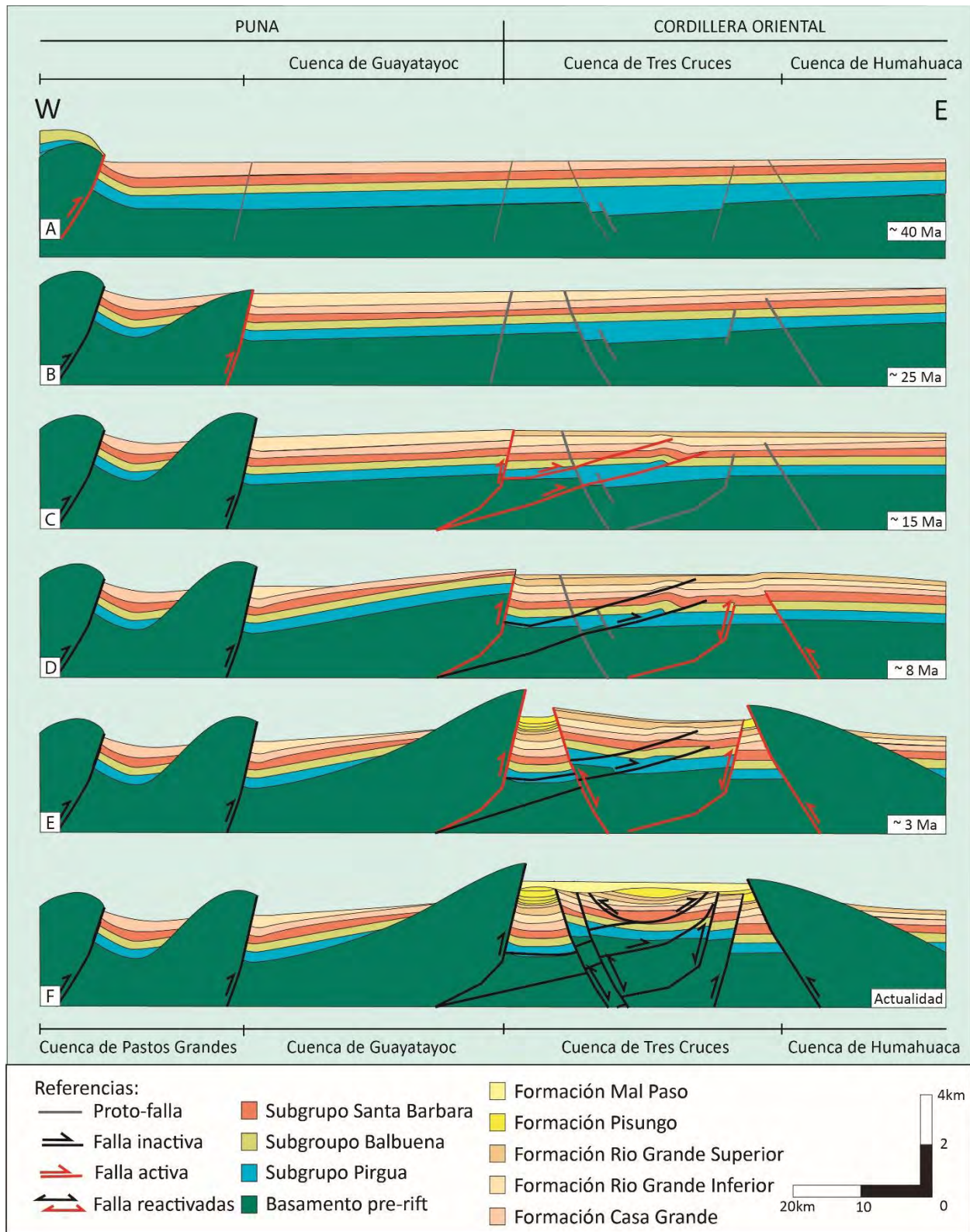
La ubicación de la cuenca de Tres Cruces entre los 23° y 24° de latitud Sur es coherente con una zona de transición entre un estilo de deformación de faja plegada y corrida (al Norte de los 23°) y una tectónica de bloques (al Sur de los 24°), definidos por Allmendinger y Gubbels (1996), donde hay una disputa entre los mecanismos de propagación típicos del avance de un frente orogénico y la inversión de estructuras preexistentes como las fallas normales de alto ángulo heredadas del Rift Mesozoico, y las estructuras oblicuas Paleozoicas. A partir de las interpretaciones logradas, la reconstrucción palimpástica y vinculando estas etapas con la cronología establecida por la estratigrafía sísmica y edades vinculadas a las unidades presentes, se desarrolló un esquema de evolución tectónica en 6 etapas, donde se interpreta un inicio como una faja plegada y corrida de piel gruesa, posteriormente fragmentada y deformada por la reactivación e inversión de estructuras normales del rift del Grupo Salta (Figura 8.6).

- ✚ La primera etapa (Figura 8.6 – A), está vinculadas al Eoceno, donde la cuenca de Tres Cruces se comporta como el depocentro de una cuenca de antepaís distal. Hay una transición entre la subsidencia termal y una subsidencia por flexión, posiblemente asociado con el *forebulge* propuesto en el esquema del desarrollo de un antepaís normal por DeCelles *et al.* (2011).
- ✚ La segunda etapa (Figura 8.6 – B) se desarrolla durante el Oligoceno y Mioceno Inferior, donde la deformación alcanza el sector de la Puna, vinculada a cambio en la inclinación de la loza subductada (Kay *et al.*, 2009) posiblemente hasta el Cerro Tusaquillas. La zona de Tres Cruces continúa asociada a una cuenca de antepaís, con depósitos cada vez más proximales.
- ✚ A partir de la tercera etapa (Figura 8.6 – C), durante el Mioceno Inferior, comienza a deformarse la cuenca de Tres Cruces con la exhumación de la Sierra de Aguilar. A los 14 Ma, la exhumación de la Sierra Alta configura una cuenca intermontana limitada tanto en el Oeste como en el Este por bloques de basamento. La edad de inicio de exhumación para la Sierra Alta a partir de las trazas de fusión del granito Fundiciones de  $13,9 \pm 0,9$  Ma (Deeken *et al.*, 2005).
- ✚ El cuarto y último gran pulso de deformación, entre el Mioceno Superior y el Pleistoceno genera una ruptura total de la cuenca a partir de corrimientos y retrocorrimientos que acumulan más de 20km de acortamiento (Figuras 8.6 – D y E). Esta deformación configura una cuenca totalmente

fragmentada con el desarrollo de depocentros aislados y la desconexión de los sistemas fluviales con las cuencas aledañas.

Durante el Pleistoceno y Holoceno se produce un cese en la actividad tectónica del área con la colmatación de la cuenca, quedando desconectada del frente orogénico (Figura 8.5 – 6). A partir de los 0,8 Ma (Streit *et al.*, 2015) se recupera la conectividad con la cuenca de Humahuaca a partir del Río Yacoraite, moldeando el paisaje hasta la actualidad.





**Figura 8.6.** Esquema que representa la evolución tectónica para el área con sus respectivos depósitos tomando una latitud de 22°58'.



## CAPÍTULO 9



CONCLUSIONES

## CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES

El análisis conjunto de los paleoambientes depositacionales, la estratigrafía secuencial y la evolución estructural en el presente trabajo de tesis doctoral para la cuenca de Tres Cruces permitió llegar a una serie de conclusiones y consideraciones finales que se detallan a continuación:

1. La cuenca de Tres Cruces presenta una historia compleja vinculada al desarrollo de un sistema de *rift* sobre el que se instala un sistema contraccional vinculado a la orogenia andina, con una orientación elongada N – S en una superficie que supera los 300 km<sup>2</sup>.
2. El inicio de la orogenia andina para este sector de la Cordillera Oriental, se ve reflejado mediante una paraconcordanza sobre la Formación Lumbrera, fin del *postrift* del Grupo Salta, a partir de los depósitos de la Formación Casa Grande durante el Eoceno Medio – Superior.
3. Tres grandes paleoambientes fueron interpretados en base del análisis de facies, mostrando un patrón general de progradación granocreciente. Un sistema meandriforme fino a grueso representado por la Formación Casa Grande, un sistema fluvial entrelazado manifiesto en la Formación Rio Grande y un sistema de abanicos aluviales vinculada con Formación Pisungo.
4. Las superficies definidas en el sector noroeste de la cuenca a partir de sísmica delimitan unidades de acumulación, donde la superficie S1 puede ser correlacionada con el inicio de la Formación Casa Grande, la superficie S2 con la Formación Rio Grande Inferior, las superficies S3 y S4 con el desarrollo de la Formación Rio Grande Superior y las superficies S5, S6, S7 y S8 con el desarrollo de la Formación Pisungo.
5. En función de las superficies definidas en la estratigrafía secuencial, se pudo vincular la Formación Casa Grande con un primer evento tectónico asociado con la formación de una cuenca de antepaís distal, la Formación Rio Grande Inferior con un segundo pulso tectónico y avance del frente orogénico. La Formación Rio Grande Superior con el levantamiento de la Sierra de Aguilar, marcando el inicio de la deformación en el área Tres Cruces y La Formación Pisungo con una compartimentalización de la cuenca en depocentros aislados.
6. El inicio de la deformación para Tres Cruces está vinculado con la depositación de la Formación Rio Grande Superior, datada para Ciano en 13,89 Ma., siendo esta una edad mínima para la aparición del Frente de deformación para la cuenca.
7. El estilo estructural para la Cuenca de Tres Cruces, a partir de las secciones estructurales interpretadas, es el de una Faja Plegada y Corrida de Piel Gruesa con un despegue basal cercano



a los 20km, que es interferida por estructuras heredadas del basamento, generando una ruptura de la cuenca y una configuración de antepaís fragmentado.

8. El acortamiento promedio para el sector centro-norte de la cuenca de Tres Cruces es de 10.8% en una dirección W – E, con un acortamiento de 19,8 km de una sección de 160 km.
9. Si bien son resultados preliminares, se puede observar que los lineamientos NNW – SSE tienen un control en la configuración estructural de la cuenca.
10. Por las características observadas en las secciones sísmicas, donde se observa una continuidad en el buzamiento de los depósitos desde el Grupo Salta hasta la Formación Pisungo, se puede decir que los depocentros Cretácicos fueron depocentros de las Formaciones Casa Grande y Rio grande.
11. El pulso de deformación más grande se da entre los 7 y 3,4 Ma, momento en el que se deposita la Formación Mal Paso, subhorizontal, marcando el fin de la actividad tectónica y la desconexión de la Cuenca de Tres Cruces del Frente Orogénico.
12. Se definió una posible historia evolutiva para el desarrollo de la Cuenca de Tres Cruces representada en 5 etapas. La primera etapa durante el Eoceno Medio/Superior – Oligoceno (40 – 25 Ma) vinculada con depósitos asociados a un antepaís distal, con un sistema fluvial efímero. La segunda etapa, entre el Oligoceno Superior – Mioceno Medio (25 – 14 Ma), con un segundo pulso de deformación y acercamiento del frente orogénico, con los depósitos de un sistema fluvial entrelazado arenoso - gravoso. Una tercera etapa durante el Mioceno Medio – Mioceno Superior (14 – 9 Ma) donde el frente orogénico se ubica en el margen occidental de la cuenca, con un sistema fluvial entrelazado profundo, gravoso con interacción con abanicos aluviales distales. La cuarta etapa, entre el Mioceno Superior – Pleistoceno (9 – 3 Ma), con la mayor expresión de la deformación en la cuenca y el desarrollo de depósitos de abanico aluvial proximal en depocentros aislados. La última etapa, durante el Pleistoceno (3 Ma) y hasta la Actualidad, vinculada a la desconexión de la cuenca del frente de deformación y la colmatación a partir de la Formación Mal Paso.
13. Los paleoambiente vinculados al levantamiento de la Cordillera de los Andes para la Cuenca de Tres Cruces muestra una progradación fluvial que se correlaciona con el avance del frente montañoso, un mayor aporte de sedimento y una disminución continua en el espacio de acomodación.



BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

Ager D. V., 1993. The nature of the stratigraphical record. No. 551.7 AGE.

Allmendinger R. W., Ramos V. A., Jordan T. E., Palma M., y Isacks B. L., 1983. Paleogeography and Andean structural geometry, northwest Argentina. *Tectonics*, 2(1), 1-16.

Allmendinger R. W., 2005. Stereonet 9. Program for stereographic projection.

Arnott R. W. C., Zaitlin B. A. y Potocki D. J., 2002. Stratigraphic response to sedimentation in a net-accommodation-limited setting, Lower Cretaceous Basal Quartz, south-central Alberta. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 50(1), 92-104.

Arriagada C., Cobbold P. R., y Roperch P., 2006. Salar de Atacama basin: A record of compressional tectonics in the central Andes since the mid-Cretaceous. *Tectonics*, 25(1).

Astini R. A., Waisfeld B. G., Toro B. A. y Benedetto J. L., 2004. El Paleozoico inferior y medio de la región de Los Colorados, borde occidental de la Cordillera Oriental (provincia de Jujuy). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59(2), 243-260.

Aubouin J., Borrello A. V., Cecioni G., Charrier R., Chotin P., Frutos J. y Vicente J. C., 1973. Esquisse paléogéographique et structurale des Andes Méridionales. *Revue de Géographie Physique et Géologie Dynamique*, 15(1-2), 11-72.

Bascuñán S., Arriagada C., Le Roux J. y Deckart K., 2016. Unraveling the Peruvian Phase of the Central Andes: stratigraphy, sedimentology and geochronology of the Salar de Atacama Basin (22°30'–23°S), northern Chile. *Basin Research*, 28(3), 365-392.

Barnes J. B. y Ehlers T. A., 2009. End member models for Andean Plateau uplift. *Earth-Science Reviews*, 97(1-4), 105-132.

Bianucci H. A. y Homoc J. F., 1982. Tectogénesis de un sector de la cuenca del subgrupo Pirgua, Noroeste Argentino. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología 1. Buenos Aires, Argentina, 539-546.

Bianucci H. A., 1999. Estructura y Evolución Estructural del Rift—Relación con la Estratigrafía, Subcuenca de Lomas de Olmedo (Rama Oriental). Relatorio XIV Congreso Geológico Argentino, Geología del Noroeste Argentino: Salta, Asociación Geológica Argentina. Vol. 1, pp. 292-300.



Blair T. C. y McPherson J. G., 1999. Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, 69(1), 6-19.

Blatt H., 1992. *Sedimentary Petrology*. Freeman, 514 pp. New York.

Blikra L. H., y Nemec W., 1998. Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record. *Sedimentology*, 45(5), 909-960.

Blum M. D. y Tornqvist T. E., 2000. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, Vol. 47 (suppl. 1), pp. 2-48.

Bond M. y López G., 1995. Los mamíferos de la Formación Casa Grande (Eoceno) de la provincia de Jujuy. Argentina. *Ameghiniana*, 32(3), 301-309.

Boll A. y Hernández R., 1986. Interpretación estructural del área Tres Cruces. *Boletín de Informaciones Petroleras*, Tercera Epoca III (7): 2-14.

Bonarelli G., 1921. Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del norte (provincias de Salta y Jujuy). Talleres gráficos del Ministerio de agricultura de la nación. Vol. 15, No. 1.

Boothroyd J. C. y Ashley G. M., 1975. Process, bar morphology, and sedimentary structures on braided outwash fans, northeastern Gulf of Alaska. In: Jopling A V, McDonald BC (eds) *Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec Paper 23: 193-222

Boyd R. C., DiEssel C., Wadsworth J. A., Leckie D. A., y Zaitlin B. A., 2000. Developing a model for non-marine sequence stratigraphy—Application to the western Canada sedimentary basin (abstract). In *GeoCanada 2000 Conference Abstracts*, CD-ROM (p. 4).

Bracaccini I. O., 1960. Lineamientos principales de la evolución estructural de la Argentina. *Petrotecnia*, 25, 63-94.

Brackebusch L., 1883. Viaje a la provincia de Jujuy. *Boletín del Instituto Geográfico Argentino*, 4, 185-252.

Bridge J., 2003. *Rivers and Floodplains*. Blackwell Publishing, Malden, Mass 491 pp.

Brierley G. J., Liu K. y Crook K. A. W., 1993. Sedimentology of coarse-grained alluvial fans in the Markham Valley, Papua New Guinea. *Sediment Geol* 86: 297-324

Burbank D. W., Leland J., Fielding E., Anderson R. S., Brozovic N., Reid M. R. y Duncan C., 1996. Bedrock incision, rock uplift and threshold hillslopes in the northwestern Himalayas. *Nature*, 379(6565), 505-510.

Caffe, P. J., 2002. Estilos eruptivos del complejo volcánico dómico Pan de Azúcar-Puna Norte. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57(3), 232-250.

Carrapa B., Trimble J. D. y Stockli D. F., 2011. Patterns and timing of exhumation and deformation in the Eastern Cordillera of NW Argentina revealed by (U-Th)/He thermochronology. *Tectonics*, 30(3).

Catuneanu O. y Elango H. N., 2001. Tectonic control on fluvial styles: the Balfour Formation of the Karoo Basin, South Africa. *Sedimentary Geology*, Vol. 140, pp. 291–313.

Catuneanu O., 2006. *Principles of sequence stratigraphy*. Elsevier.

Coira B., Davidson J., Mpodozis C. y Ramos V., 1982. Tectonic and magmatic evolution of the Andes Northern Argentina and Chile. *Earth Science Review* 18: 303-332.

Cominguez A. y Ramos V.A., 1994. Geometry and seismic expression of the Cretaceous Salta rift system, northwestern Argentina. *Petroleum Basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 62, pp.325-340.

Coutand I., Gautier P., Cobbold P., De Urreiztieta M., Chauvin A., Gapais D., Rossello E., Lopéz Gamundi O., 2001. Style and history of Andean deformation, Puna Plateau, northwestern Argentina. *Tectonics*, 20: 210-234.

Coutand I., Carrapa B., Deeken A., Schmitt A. K., Sobel E. y Strecker M. R., 2006. Orogenic plateau formation and lateral growth of compressional basins and ranges: Insights from sandstone petrography and detrital apatite fission-track thermochronology in the Angastaco Basin, NW Argentina, *Basin Res.*, 18, 1–26.

Crews S. G. y Ethridge F. G., 1993. Laramide tectonics and humid alluvial fan sedimentation, NE Uinta Uplift, Utah and Wyoming. *J Sediment Petrol* 63: 420-436

Cristiani C., Del Moro A., Matteini M., Mazzuoli R., y Omarini, R., 1999. The Magmatism linked to the Jurassic–Cretaceous rift of NW Argentina: the Tusaquillas plutonic complex (Central Andes). 14 Congreso Geológico Argentino. Actas, 2, 190-193.

Critelli S. y Ingersoll R. V., 1995. Interpretation of neovolcanic versus palaeovolcanic sand grains: an example from Miocene deep-marine sandstone of the Topanga Group (Southern California). *Sedimentology*, 42(5), 783-804.

Dahlstrom C. D. A., 1969. Balanced cross sections. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 6(4), 743-757.

Davis D., Suppe J. y Dahlen F. A., 1983. Mechanics of fold-and-thrust belts and accretionary wedges. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 88(B2), 1153-1172.

DeCelles P., Carrapa B., Horton B. K. y Gehrels G. E., 2011. Cenozoic foreland basin system in the central Andes of northwestern Argentina: Implications for Andean geodynamics and modes of deformation. *Tectonics*, vol. 30, TC6013, doi:10.1029/2011TC002948, 2011

Del Papa C., Aramayo A., Bosio P. P., Hongn F., López C. M., Do Campo M. y Lapiana A., 2017. La cuenca de antepaís Eocena-Oligocena en el NOA: primeros indicios de deformación intra-cuenca. *Relatorio XX Congreso Geológico Argentino*, San Miguel de Tucumán, Argentina (pp. 237-253).

Deraco M.V., 2013. Los leontínidos (*Mammalia*, *Notoungulata*) del Eoceno del Noroeste Argentino. Relaciones filogenéticas, implicancias cronológicas y aspectos tafonómicos. Doctoral Thesis, Universidad Nacional de Tucumán, 257 p. Tucumán.

Deraco M.V., Powel J.E. y López, G. 2008. Primer leontínido (*Mammalia*, *Notoungulata*) de la Formación Lumbrera (Subgrupo Santa Bárbara, Grupo Salta-Paleógeno) del Noroeste argentino. *Ameghiniana*, 45, 83-91.

Dewey J. F., y Bird J. M., 1970. Mountain belts and the new global tectonics. *Journal of Geophysical Research*, 75(14), 2625-2647.

Dickinson W. R., 1970. Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Journal of Sedimentary Research*, 40(2), 695-707.

Dickinson W. R. y Rich E. I., 1972. Petrologic intervals and petrofacies in the Great Valley sequence, Sacramento Valley, California. *Geological Society of America Bulletin*, 83(10), 3007-3024.

Dickinson W. R., 1974. Plate tectonics and sedimentation. In: Dickinson WR (ed) *Tectonics and sedimentation*. Soc Econ Paleontol Mineral Spec Publ 22: 1-27  
Dickinson W. R. y Suczek C. A., 1979. Plate tectonics and sandstone compositions, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 63: 2164-2182.

Dickinson W. R., 1985. Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In *Provenance of arenites* (pp. 333-361). Springer, Dordrecht.

Dott R. H., 1964. Wacke, graywacke and matrix; what approach to immature sandstone classification. *Journal of Sedimentary Research*, 34(3), 625-632.



Embry A. F., 2001. Sequence stratigraphy: what it is, why it works and how to use it. *Reservoir* (Canadian Society of Petroleum Geologists), Vol. 28, Issue 8, p. 15.

Eriksson P. G., Schreiber U. M., Reczko B. F. y Snyman C. P., 1994. Petrography and geochemistry of sandstones interbedded with the Rooiberg Felsite Group (Transvaal Sequence, South Africa): implications for provenance and tectonic setting. *Journal of Sedimentary Research*, A64 (4): 836-846.

Ethridge F. G., Germanoski D., Schumm S. A. y Wood L. J. 2001. The morphologic and stratigraphic effects of base-level change: a review of experimental studies. *Seventh International Conference on Fluvial Sedimentology*, Lincoln, August 6–10, Program and Abstracts, p. 95.

Faccenna C., Oncken O., Holt A. F. y Becker T. W., 2017. Initiation of the Andean orogeny by lower mantle subduction. *Earth and Planetary Science Letters*, 463, 189-201.

Farrell K. M., 1987. Sedimentology and facies architecture of overbank deposits of the Mississippi River, False River region, Louisiana. In: Ethridge FG, Flores RM, Harvey MD (eds) *Recent developments in fluvial sedimentology*. Soc Econ Paleontol Mineral Spec Publ 39: 111 -120.

Fernández J., Bondesio P. y Pascual R., 1973. Restos de *Lepidosiren paradoxa* (Osteichthyes, Dipnoi) de la Formación Lumbrera (Eógeno, ¿Eoceno?) de Jujuy. *Ameghiniana*, 10(2), 152-172.

Ford M., Williams E. A., Artoni A., Vergés J. y Hardy S., 1997. Progressive evolution of a fault-related fold pair from growth strata geometries, Sant Llorenç de Morunys, SE Pyrenees. *Journal of structural Geology*, 19(3-4), 413-441.

Galli C.I., 1995. Estratigrafía y Sedimentología del Subgrupo Metán (Grupo Orán, Terciario), provincia de Salta, Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Salta, Escuela del Doctorado, 120 pp.

Galli C. I., Coira B. L., Alonso R. N., Llanos M. P. I., Prezzi C. B., & Kay S. M., 2016. Tectonostratigraphic history of the Neogene Maimará basin, northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 72, 137-158.

Galli C. I., Alonso R. N., Coira L. B. y Herrera Oviedo, E. P., 2017. Las cuencas de antepaís cenozoicas de Cordillera Oriental, noroeste Argentino. In Muruaga, CM y Grosse (eds.), *Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA*. 20º Congreso Geológico Argentino, Relatorio (pp. 209-236).

Galliski M. y Viramonte J., 1988. The Cretaceous paleorift in northwestern Argentina: A petrologic approach. *Journal of South American Earth Sciences*, 1: 329- 342.

Galloway, W. E. (1989). Genetic stratigraphic sequences in basin analysis, I. Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol. 73, pp. 125–142.

Gansser A., 1973. Facts and theories on the Andes: twenty-sixth William Smith Lecture. *Journal of the Geological Society*, 129(2), 93-131.

Gianni G. M., Navarrete C., Echaurren A., Díaz M., Butler K. L., Horton B. K. y Folguera, A., 2020. Northward propagation of Andean genesis: Insights from Early Cretaceous synorogenic deposits in the Aysén-Río Mayo basin. *Gondwana Research*, 77, 238-259.

Gibling M. R., Fielding C. R., Sinha R., Davidson S. K., Leleu S., y North C. P., 2011. Alluvial valleys and alluvial sequences: towards a geomorphic assessment. *From River to Rock Record: The Preservation of Fluvial Sediments and Their Subsequent Interpretation: SEPM, Special Publication*, 97, 423-447.

Gómez Omil R., Boll A. y Hernández R., 1989. Cuenca Cretácico-Terciaria del Noroeste Argentino (Grupo Salta). Chebli G. y L. Spalletti (Eds.) *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. Universidad Nacional de Tucumán, Serie Correlación Geológica 6:43-64.

Gomez Omil R. J. y Albarino, L. M., 1996. Análisis geológico petrolero del bloque Olleros sistema de Santa Bárbara, provincia de Salta. *XIII Congreso Geológico Argentino*. Vol. 1, pp. 27-44.

González Bonorino F., 1950. Geological cross-section of the Cordillera de los Andes about parallel 33° lat. *Geological Society of America Bulletin*, 61(1), 17-25.

Grier M. E., Salfity J. A. y Allmendinger R. W., 1991. Andean reactivation of the Cretaceous Salta rift, northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 4(4), 351-372.

Gupta S., Underhill J. R., Sharp I. R. y Gawthorpe R. L., 1999. Role of fault interactions in controlling synrift sediment dispersal patterns: Miocene, Abu Alaqa Group, Suez Rift, Sinai, Egypt. *Basin Research*, 11(2), 167-189.

Hain M. P., Strecker M. R., Bookhagen B., Alonso R. N., Pingel H. y Schmitt A. K., 2011. Neogene to Quaternary broken foreland formation and sedimentation dynamics in the Andes of NW Argentina (25 S). *Tectonics*, 30(2).

Halpern M. y Latorre C. O., 1973. Estudio geocronológico inicial de las rocas del noroeste de la República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 28(2), 196-205.

Hardy S., Poblet J., McClay K. y Waltham D., 1996. Mathematical modelling of growth strata associated with fault-related fold structures. Geological Society, London, Special Publications, 99(1), 265-282.

Hartley A. J., Flint S., Turner P. y Jolley E. J., 1992. Tectonic controls on the development of a semi-arid alluvial basin as reflected in the stratigraphy of the Purilactis Group (Upper Cretaceous-Eocene), northern Chile. Journal of South American Earth Sciences, 5(3-4), 275-296.

Hausen J., 1925. Sobre un perfil geológico del borde oriental de la puna de Atacama con una descripción de algunos yacimientos minerales en la puna de Salta y Jujuy. Imprenta y casa editora "Coni".

Hein F. J., Walker R. G., 1977. Bar evolution and development of stratification in the gravelly, braided, Kicking Horse River, British Columbia. Can J Earth Sci 14: 562-570.

Hernández R. M., Omil R. G. y Boll A., 2008. Estratigrafía, tectónica y potencial petrolero del rift Cretácico En la provincia de Jujuy. In Actas XVII Congreso Geológico Argentino (pp. 207-232).

Herrera C. M., Powell J. E. y Del Papa C., 2012. Un nuevo *Dasypodidae* (Mammalia, Xenarthra) de la Formación Casa Grande (Eoceno) de la Provincia de Jujuy, Argentina. Ameghiniana, 49(2), 267-271.

Hogan J. P. y Dunne W. M., 2001. Calculation of shortening due to outcrop-scale deformation and its relation to regional deformation patterns. Journal of Structural Geology, 23(10), 1507-1529.

Holbrook J. M. y Schumm S. A., 1998. Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings. Tectonophysics, Vol. 305, pp. 287-306.

Holbrook J. M., 2001. Origin, genetic interrelationships, and stratigraphy over the continuum of fluvial channel-form bounding surfaces: an illustration from middle Cretaceous strata, southeastern Colorado. Sedimentary Geology, Vol. 144, pp. 179-222.

Holbrook J., Scott R. W. y Oboh-Ikuenobe F. E., 2006. Base-level buffers and buttresses: a model for upstream versus downstream control on fluvial geometry and architecture within sequences. Journal of Sedimentary Research, 76(1), 162-174.

Hongn F., Mon R., Petrinovic I., Del Papa C. y Powell J., 2010. Inversión y reactivación tectónicas Cretácico-Cenozoicas en el noroeste Argentino: Influencia de las heterogeneidades del basamento Neoproterozoico-Paleozoico inferior. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 66(1), 38-53.



Hongn F., del Papa C., Powell J., Payrola P., Petrinovic I. y R. Mon., 2011. Fragmented Paleogene foreland basin in the Valles Calchaquíes, NW of Argentina. In *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*, Salfity J.A. and R.A. Marquillas (eds.), p:189-209.

Hooke R. y Le B., 1967. Processes on arid-region alluvial fans. *Geol* 75: 438-460.

Horton B. K., 1998. Sediment accumulation on top of the Andean orogenic wedge: Oligocene to late Miocene basins of the Eastern Cordillera, southern Bolivia. *GSA Bulletin*, 110(9), 1174-1192.

Horton B. K., 2005. Revised deformation history of the central Andes: Inferences from Cenozoic foredeep and intermontane basins of the Eastern Cordillera, Bolivia. *Tectonics*, 24(3).

Horton B. K. y DeCelles P. G., 1997. The modern foreland basin system adjacent to the Central Andes. *Geology*, 25(10), 895-898.

Howard, J., 1994. A note on the use of statistics in reporting detrital clastic compositions. *Sedimentology*, 41: 747-753.

Ingersoll R. V. y Suczek C. A., 1979. Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans, DSDP sites 211 and 218. *Journal of Sedimentary Research*, 49(4), 1217-1228.

Ingersoll R. V., 1983. Petrofacies and provenance of late Mesozoic forearc basin, northern and central California. *AAPG Bulletin*, 67(7), 1125-1142.

Ingersoll R. V., 1988. Tectonics of sedimentary basins. *Geol Soc Am Bull* 100: 1704-1719.

James D. E. y Sacks I. S., 1999. Geology and ore deposits of the central Andes. *Society of Economic Geologists Special Publication*, 7, 1-25.

Jordan T.E. y Alonso R.N., 1987. Cenozoic Stratigraphy and Basin Tectonics of the Andes Mountain, 20-28° South Latitude: *AAPG Bulletin*, v. 71, p. 49-64.

Jordan T. E., Isacks B. L., Allmendinger R. W., Brewer J. A., Ramos V. A. y Ando C. J., 1983. Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. *Geological Society of America Bulletin*, 94(3), 341-361.

Kay S.M. y Coira B., 2009. Shallowing and steepening subduction zones, continental lithospheric loss, magmatism and crustal flow under the Central Andean Altiplano-Puna plateau. In Kay, S.M., Ramos, V.A., and Dickinson, W. R. (eds), *Backbone of the Americas: Shallow Subduction, Plateau Uplift and Ridge Collision*, The Geological Society of America Memoir 204: 229-258.

Kay S.M., Coira B.L. y Caffè P.J., 2010. Regional Chemical diversity, crustal and mantle sources and evolution of Puna Plateau Ignimbrites in the Central Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 198: 81-111.

Kley J., Monaldi C.R. y Salfity J.A., 1999. Along-strike segmentation of the Andean foreland: causes and consequences, *Tectonophysics*, v. 301, pp. 75-94.

Kley J. y Monaldi C. R., 2002. Tectonic inversion in the Santa Barbara System of the central Andean foreland thrust belt, northwestern Argentina. *Tectonics*, 21(6), 11-1.

Kley J., Rossello E. A., Monaldi C. R., y Habighorst B., 2005. Seismic and field evidence for selective inversion of Cretaceous normal faults, Salta rift, northwest Argentina. *Tectonophysics*, 399(1-4), 155-172.

Kress, P., 1995. Tectonic inversion of the Subandean foreland: a combined geophysical and geological approach. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe B* 23, 1e20.

Leckie D. A. y Boyd R., 2003. Towards a nonmarine sequence stratigraphic model. *American Association of Petroleum Geologists Annual Convention, Salt Lake City, 11–14 May 2003, Official Program, Vol. 12*, p. A101.

Leckie D. A., Wallace-Dudley K. E., Vanbeselaere N. A. y James D. P., 2004. Sedimentation in a low-accommodation setting: nonmarine (Cretaceous) Mannville and marine (Jurassic) Ellis Groups, Manyberries Field, southeastern Alberta. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Vol. 88, no. 10, pp. 1391–1418.

Leeder M. R., Jackson J. A., 1993. The interaction between normal faulting and drainage in active extensional basins, with examples from the western United States and central Greece. *Basin Res* 5: 79-102

Limarino C., Scasso R., Caselli R., Fazio A., Miretzki P. y Net L. I., 1996. Petrología y geoquímica de las facies eólicas de la Formación Mariño (Terciario superior). *VI Reunión Argentina de Sedimentología, Abstract*, p. 67-72

López C., Martínez F., Maksymowicz A., Giambiagi L. y Riquelme R., 2018. What is the structure of the forearc region in the Central Andes of northern Chile. An approach from field data and 2-D reflection seismic data. *Tectonophysics*, 769, 228187.

López Steinmetz R.L., 2013. Génesis y evolución de la Laguna de Guayatayoc, borde oriental de la Puna Jujena, Argentina. PhD, Escuela del Doctorado (FCN-UNSa), 190pp.

López Steinmetz R. L. y Galli C. I., 2015. Basin development at the eastern border of the Northern Puna and its relationship with the plateau evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 63, 244-259.

Luna C. C., Yagupsky D. L. y Likerman J., 2019. Fracture network analysis of Yacoraite Formation in the Tres Cruces sub-basin, northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 10, 24-46.

Malz A., Madritsch H. y Kley J., 2015. Improving 2D seismic interpretation in challenging settings by integration of restoration techniques: A case study from the Jura fold-and-thrust belt (Switzerland). *Interpretation*, 3(4), SAA 37 – SAA 58.

Marquillas R. A. y Salfity J. A., 1994. Las relaciones estratigráficas regionales de la Formación Yacoraite (Cretácico Superior), Norte de la Argentina. In VII Congreso Geológico Chileno: Concepción, Chile, Sociedad Geológica de Chile (pp. 479-483).

Marquillas R. A., Del Papa C. y Sabino I. F., 2005. Sedimentary aspects and paleoenvironmental evolution of a rift basin: Salta Group (Cretaceous–Paleogene), northwestern Argentina. *International Journal of Earth Sciences*, 94(1), 94-113.

Menegatti N. D., 2001. El complejo alcalino Sierra de Rangel, provincia de Salta, Argentina. Tesis Doctoral de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina.

Mansfield P., 1971. Symmetrized pulse sequences in high resolution NMR in solids. *Journal of Physics C: Solid State Physics*, 4(11), 1444.

Maro G., Caffè, P. J. y Báez W., 2017. Volcanismo monogenético máfico cenozoico de la Puna. In Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán (Vol. 2017). Asociación Geológica Argentina.

Maro G. y Caffè, P. J., 2017. Neogene monogenetic volcanism from the Northern Puna region: products and eruptive styles. *Geological Society, London, Special Publications*, 446(1), 337-359.

Martínez F., López C., Bascuñán S. y Arriagada C., 2018. Tectonic interaction between Mesozoic to Cenozoic extensional and contractional structures in the Preandean Depression (23°–25° S): Geologic implications for the Central Andes. *Tectonophysics*, 744, 333-349.

Martinsen O. J., Ryseth A. L. F., Helland-Hansen W., Flesche H., Torkildsen G. y Idil S., 1999. Stratigraphic base level and fluvial architecture: Ericson sandstone (Campanian), rock springs uplift, SW Wyoming, USA. *Sedimentology*, 46(2), 235-263.



McKee V., Zvagulis M., Dagdighian J. V., Patch M. G. y Reed, C. A., 1984. Hemocyanin models: Synthesis, structure, and magnetic properties of a binucleating copper (II) system. *Journal of the American Chemical Society*, 106(17), 4765-4772.

Medwedeff D. A., 1989. Structural analysis and tectonic significance of late-Tertiary and Quaternary, compressive-growth folding, San Joaquin Valley, California.

Méndez V., 1973. Geología de la comarca de Mina "Aguilar" y alrededores, Departamento Humahuaca (Provincia de Jujuy). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 28(4), 319-330.

Miall A.D., 1977. A review of the braided river depositional environment. *Earth Sci Rev* 13: 1-62.

Miall A.D., 1984. Variations in fluvial style in the Lower Cenozoic synorogenic sediments of the Canadian Arctic Islands. *Sediment Geol* 38: 499-523.

Miall A.D., 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Sci Rev* 22: 261-308.

Miall A. D., 1995. Description and interpretation of fluvial deposits: a critical perspective: discussion. *Sedimentology* 42: 379-384

Miall A. D., 1996. *The Geology of Fluvial Deposits*. Springer-Verlag, Berlin.

Miall A. D. y Postma G., 1997. *The Geology of Fluvial Deposits, Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. *Sedimentary Geology*, 110(1), 149.

Miall A.D., 2006. *The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin análisis and petroleum geology*. 4th corrected printing. Springer. 581 pp.

Milani E. J. y Thomaz Filho A., 2000. Sedimentary basins of South America. *Tectonic Evolution of South America*, 31, 389-449.

Mon R., y Hongn, F., 1991. The structure of the Precambrian and Lower Paleozoic basement of the Central Andes between 22° and 32° S. Lat. *Geologische Rundschau*, 80(3), 745-758.

Mon R. y Salfity J.A., 1995. Tectonic evolution of the Andes of northern Argentina. In A. J. Tankard, R. Suárez, H.J. Welsink (eds.). *Petroleum basins of South America*. AAPG Mem., 26, 269-283.

Monaldi C.R., Salfity J.A. y Kley, J., 2008. Preserved extensional structures in an inverted Cretaceous rift basin, northwestern Argentina: Outcrop examples and implications for fault reactivation. *Tectonics* 27: TC1011, 21p.

Montero-López C., del Papa C., Hongn F., Strecker M. R. y Aramayo, A., 2018. Synsedimentary broken-foreland tectonics during the Paleogene in the Andes of NW Argentine: new evidence from regional to centimetre-scale deformation features. *Basin Research*, 30, 142-159.

Mpodozis C. y Ramos V.A., 1989. The Andes of Chile and Argentina. *Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources*, Cir-cum pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series, v. 11, pp. 59-90.

Muñoz A., Ramos A., Sánchez-Moya Y. y Sopeña A., 1992. Evolving fluvial architecture during a marine transgression: Upper Buntsandstein, Triassic, central Spain. *Sediment Geol* 75: 257-281.

Müller J. P., Kley J. y Jacobshagen, V., 2002. Structure and Cenozoic kinematics of the Eastern Cordillera, southern Bolivia (21 S). *Tectonics*, 21(5), 1-1.

Nemec W. y Steel R. J., 1984. Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits. In: Koster EH, Steel RJ (eds) *Sedimentology of gravels and conglomerates*. Can Soc Petrol Geol Mem 10: 1-31.

Nesossi D., 1950. Estudio geológico de los departamentos de Santa Victoria (Salta) y Yavi (Jujuy). Y P F. Informe inédito. 80 pp.

Novoa E., Suppe J. y Shaw J. H., 2000. Inclined-shear restoration of growth folds. *AAPG bulletin*, 84(6), 787-804.

Olsen T., Steel R., Hogseth K., Skar, T. y Roe S. L., 1995. Sequential architecture in a fluvial succession; sequence stratigraphy in the Upper Cretaceous Mesaverde Group, Prince Canyon, Utah. *Journal of Sedimentary Research*, 65(2b), 265-280.

Pascual R., Vucetich M. G., y Fernández J., 1978. Los primeros mamíferos (*Notoungulata*, *Henricosborniidae*) de la Formación Mealla (Grupo Salta, Subgrupo Santa Bárbara): sus implicancias filogenéticas, taxonómicas y cronológicas. *Ameghiniana*, 15, 366-390.

Pacht J. A., 1980. Sedimentology and petrology of the late Cretaceous Nanaimo Group deposited in the Nanaimo Basin, western Washington and British Columbia: Implications for Cretaceous tectonics. Ph.D. Thesis, Ohio State University, Columbus, Ohio, 361 pp.

Pacht J. A., 1984. Petrologic evolution of the late Cretaceous Nanaimo Basin, Washington and British Columbia: Implications for Cretaceous tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, 95: 766-778.

Pettijohn F. J., Potter P. E. y Siever, R., 1987. Sand and sandstone. van Genuchten, M. Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc.

Plint A.G., 1983. Sandy fluvial point-bar sediments from the middle Eocene of Dorset, England. In: Collinson JD, Lewin J (eds) Modern and ancient fluvial systems. Int Assoc Sedimentol Spec Publ 6: 355-368.

Posamentier H. W., Jervey M. T. y Vail P. R., 1988. Eustatic controls on clastic deposition I – conceptual framework. In Sea Level Changes—An Integrated Approach (C. K. Wilgus, B. S. Hastings, C. G. St. C. Kendall, H. W. Posamentier, C. A. Ross and J. C. Van Wagoner, Eds.), pp. 110–124. SEPM Special Publication 42.

Posamentier H. W. y Allen G. P., 1999. Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology No. 7, p. 210.

Prezzi C. y Ibarra F., 2017. Estructura cortical del noroeste de Argentina a partir de datos gravimétricos y magnetométricos. Relatorio XX Congreso Geológico Argentino.

QGIS, D. T., 2011. Quantum GIS geographic information system. Open source geospatial Foundation project, 45.

Rahl J. M., Harbor D. J., Galli C. I., y O'Sullivan P., 2018. Foreland basin record of uplift and exhumation of the Eastern Cordillera, northwest Argentina. Tectonics, 37(11), 4173-4193.

Ramsay J. G. y Wood D. S., 1973. The geometric effects of volume change during deformation processes. Tectonophysics, 16(3-4), 263-277.

Ramos V. A. y Aleman A., 2000. Tectonic Evolution of South America, 31° International Geological Congress.

Ramos V. A., Cristallini E. O. y Pérez, D. J., 2002. The Pampean flat-slab of the Central Andes. Journal of South American earth sciences, 15(1), 59-78.

Ramos V. A. y Coira B., 2008. Evolución tectónica preandina de la provincia de Jujuy y áreas aledañas. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Jujuy: 17th Congreso Geológico Argentino: Jujuy, Relatorio, Congreso (pp. 401-417).

Ramos V.A., 2010. The tectonic regime along the Andes: Present-day and Mesozoic regimes. Geological Journal 45: 2-25



Ramaekers P. y Catuneanu O., 2004. Development and sequences of the Athabasca Basin, Early Proterozoic, Saskatchewan and Alberta, Canada. In the Precambrian Earth: Tempos and Events (P. G. Eriksson, W. Altermann, D. Nelson, W. Mueller and O. Catuneanu, Eds.), pp. 705–723. Developments in Precambrian Geology 12, Elsevier Science Ltd., Amsterdam.

Reyes F. C. y Salfity J. A., 1973. Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pirgua) del noroeste argentino. In V Congreso Geológico Argentino: Buenos Aires, Argentina, Asociación Geológica Argentina (pp. 355-385).

Riba O., 1973. Las discordancias sintetónicas del Alto Cardener (Prepirineo catalán), ensayo de interpretación evolutiva. Acta geológica hispánica, 8(3), 90-99.

Riba O., 1976. Syntectonic unconformities of the Alto Cardener, Spanish Pyrenees: a genetic interpretation. Sedimentary Geology, 15(3), 213-233.

Ridgway K. D., DeCelles P. G., 1993. Stream-dominated alluvial fan and lacustrine depositional systems in Cenozoic strike-slip basins, Denali fault system, Yukon Territory, Canada. Sedimentology 40: 645-666

Rodríguez Fernández L., Heredia N., Seggiaro R. E. y González, M. A., 1999. Estructura andina de la cordillera oriental en el área de la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy, de Argentina: Trabajos de Geología 21: 321-332.

Rohrmann A., Sachse D., Mulch A., Pingel H., Tofelde S., Alonso R. N. y Strecker M. R., 2016. Miocene orographic uplift forces rapid hydrological change in the southern central Andes. Scientific reports, 6, 35678.

Rosario J., Hernandez J., Hernandez R. y Jordan T. E., 2008. Evolución tectono-sedimentaria durante el Terciario en la Provincia de Jujuy. Actas del XVII Congreso Geológico Argentino. 1. 263 – 285.

Rubiolo, D.G., 1999. Hoja Geológica La Quiaca (2366-II y 2166-IV) escala 1: 250.000. Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Versión preliminar.

Sabino García I.F., 2002. Geología del Subgrupo Pirgua (Cretácico) del noroeste argentino. Universidad Nacional de Salta. Tesis Doctoral. Inédita

Sadler P. M., 1981. Sedimentation rates and the completeness of stratigraphic sections. J Geol 89: 569-584.

Salazar L., Kley J., Rossello E., Monaldi R., Wiegand M., 2008. 3D structure of the Tres Cruces synclorium from seismic data and serial balanced cross-sections, Eastern Cordillera, Argentina 7th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2008, Nice), Extended Abstracts: 477-480.

Salfity J. A., Omarini R., Baldi B. y Gutierrez W., 1975. Consideraciones sobre la evolución geológica del Precámbrico y Paleozoico del norte argentino. In Actas 2 Congreso Iberoamericano Geología Económica, Buenos Aires (Vol. 4, pp. 341-343).

Salfity J. A. y Marquillas R. A., 1981. Las unidades estratigráficas cretácicas del norte de la Argentina. Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur, 1, 303-317.

Salfity J. A., Marquillas R. A., 1994. Tectonic and sedimentary evolution of the Cretaceous-Eocene Salta Group basin, Argentina. In Cretaceous tectonics of the Andes. Vieweg+ Teubner Verlag, Wiesbaden. (pp. 266-315)

Scasso R. A., y Limarino C. O., 1997. Petrología y diagénesis de rocas clásticas.

Schlagintweit O., 1938. Geología de la zona preandina al Oeste de la Sierra Baja de Orán, entre Río Bermejo y Río Santa Cruz. Unpub. rep., YPF files, Buenos Aires.

Seggiaro R., Gorustovich A. y Martí Molist J., 1987. Las ignimbritas del Complejo Volcánico Coranzulí (Puna Argentina-Andes Centrales).

Seggiaro R. E., Bulnes M., i Esplugas J. P., Fernández R. R., Carballo N. H., Alonso J. L. A. y Aguilera, N. G. 2008. Caracterización estructural de la faja plegada andina en el NO argentino. Geotemas (Madrid), (10), 418-420.

Selley R.C., 1996. Ancient Sedimentary Environments and their Sub-surface Diagnosis. Chapman and Hall, London, 4th ed. 300 pp.

Selley R. C., 2000. Applied sedimentology. Elsevier.

Shanley K. W., McCabe P. J., y Hettinger R. D., 1992. Tidal influence in Cretaceous fluvial strata from Utah, USA: a key to sequence stratigraphic interpretation. Sedimentology, 39(5), 905-930.

Shanley K. W., McCabe P. J., Flint S. S., y Bryant I. D., 1993. Alluvial architecture in a sequence stratigraphic framework: a case history from the Upper Cretaceous of southern Utah, USA. In The geological modelling of hydrocarbon reservoirs and outcrop analogues (Vol. 15, pp. 21-56). International Association of Sedimentologists.

Shanley K. W. y McCabe P. J., 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. AAPG bulletin, 78(4), 544-568.

Shaw J. H. y Suppe J., 1994. Active faulting and growth folding in the eastern Santa Barbara Channel, California. Geological Society of America Bulletin, 106(5), 607-626.

Shaw J. H. y Suppe J., 1996. Earthquake hazards of active blind-thrust faults under the central Los Angeles basin, California. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 101(B4), 8623-8642.

Schumm S. A., 1993. River response to baselevel change: implications for sequence stratigraphy. The Journal of Geology, 101(2), 279-294.

Siks B. C. y Horton B. K., 2011. Growth and fragmentation of the Andean foreland basin during eastward advance of fold-thrust deformation, Puna plateau and Eastern Cordillera, northern Argentina. Tectonics, 30(6).

Sneh A., 1983. Desert stream sequences in the Sinai Peninsula. J Sediment Petrol 53: 1271-1280.

Starck, D. y G. Vergani, 1996. Desarrollo Tectosedimentario del Cenozoico en el Sur de la provincia de Salta-Argentina. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos 13: 433-452.

Starck, D., 2012. Cuenca Cretácica-Paleógena del Noroeste Argentino. VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: Simposio Cuencas Argentinas, visión actual: 407-454.

Stear W. M., 1985. Comparison of the bedform distribution and dynamics of modern and ancient sandy ephemeral flood deposits in the southwestern Karoo region, South Africa. Sediment Geol 45: 209-230.

Steel R. J. y Thompson D. B., 1983. Structures and textures in Triassic braided stream conglomerates ('Bunter' pebble beds) in the Sherwood Sandstone Group, North Staffordshire, England. Sedimentology, 30(3), 341-367.

Starck D., 1995. Silurian-Jurassic stratigraphy and basin evolution of northwestern Argentina. Petroleum basins of South America. AAPG. Memoir 62:251-267.

Strecker, M. R., Hilley G. E., Bookhagen B., y Sobel E. R., 2011. Structural, geomorphic and depositional characteristics of contiguous and broken foreland basins: Examples from the eastern flanks of the central Andes in Bolivia and NW Argentina, in Recent Advances in Tectonics of Sedimentary Basins, edited by C. Busby and A. Azor, Blackwell, Boston, Mass. Chapter 25: p. 508-521.



Streit R. L., Burbank D. W., Strecker M. R., Alonso R. N., Cottle J. M. y Kylander-Clark A. R., 2017. Controls on intermontane basin filling, isolation and incision on the margin of the Puna Plateau, NW Argentina (~ 23 S). *Basin Research*, 29, 131-155.

Suppe, J., 1983. Geometry and kinematics of fault-bend folding. *American Journal of science*, 283(7), 684-721.

Tankard A. J., Uliana M. A., Welsink H. J., Ramos V. A., Turic M., França A. B., Milani E. J., de Brito Neves B. B., Eyles N., Skarmeta J. y Santa Ana H., 1995. Tectonic controls of basin evolution in southwestern Gondwana, Petroleum basins of South America: AAPG Memoir 62, p. 5–52.

Tassara, A., Swain, C., Hackney, R., y Kirby, J., 2007. Elastic thickness structure of South America estimated using wavelets and satellite-derived gravity data. *Earth and Planetary Science Letters*, 253(1-2), 17-36.

Thorpe, R.S., 1984, The tectonic setting of active Andean volcanism. Harmon, R.S. and Barreiro, B.A., eds, *Andean Magmatism*, Cheshire, ShivaPub. Ltd., pp. 4-8.

Todd S. P. y Went D. J., 1991. Lateral migration of sand-bed rivers: examples from the Devonian Glashabeg Formation, SW Ireland and the Cambrian Alderney Sandstone Formation, Channel Islands. *Sedimentology* 38: 997-1020

Trumbull R. B., Riller U., Oncken O., Scheuber E., Munier K. y Hongn F., 2006. The time-space distribution of Cenozoic volcanism in the South-Central Andes: a new data compilation and some tectonic implications. *The Andes* (pp. 29-43). Springer, Berlin, Heidelberg.

Tunbridge I. P., 1981 Sandy high-energy flood sedimentation - some criteria for recognition, with an example from the Devonian of SW England. *Sediment Geology* 28: 79-96.

Tunbridge I. P., 1984 Facies models for a sandy ephemeral stream and clay playa complex; the Middle Devonian Trentishoe Formation of North Devon, UK. *Sedimentology* 31: 697-716.

Turner J. C. M., 1958. Estratigrafía del cordón de Escaya y de la sierra de la Rinconada (Jujuy). *Asoc. Geol. Arg. Rev.*, XIII (1-2): 15-40, Buenos Aires

Turner, J. C. M., 1960. Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria y adyacencias. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 41(2), 163-196.

Turner J. C. M., 1964. Descripción geológica de la hoja 2c, Santa Victoria. Servicio Geológico Minero de Argentina (SEGEMAR).

- Turner J. C. M., 1970. The andes of northwestern Argentina. *Geologische Rundschau*, 59(3), 1028-1063.
- Turner, J., 1972. Cordillera Oriental. In: Leanza, A. F. (Ed.), *Geología regional de Argentina*, vol. 1. Academia Nacional de Ciencias: 117-142.
- Uba C. E., Heubeck C. y Hulka C., 2005. Facies analysis and basin architecture of the Neogene Subandean synorogenic wedge, southern Bolivia. *Sedimentary Geology*, 180(3-4), 91-123.
- Uliana M. A. y Biddle K. T., 1988. Mesozoic–Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America: *Revista Brasileira de Geociencias*, v. 18.
- Van Wagoner, J. C., 1995. Overview of sequence stratigraphy of foreland basin deposits: terminology, summary of papers, and glossary of sequence stratigraphy. In *Sequence Stratigraphy of Foreland Basin Deposits* (J. C. Van Wagoner and G. T. Bertram, Eds.), pp. ix-xxi. American Association of Petroleum Geologists Memoir 64.
- Villalba Ulberich, 2018. Variaciones paleoambientales en la cuenca de antepaís de Tres Cruces y su relación con la tectónica, noroeste argentino. Resumen, XVI Reunión Argentina de Sedimentología
- Villalba Ulberich, 2019. Secuencias tectosedimentarias en la Formación Pisungo a partir de estratigrafía sísmica en el sector noroccidental de la cuenca de Tres Cruces. Resumen, V Simposio del Mioceno y Pleistoceno
- Viramonte J. G., Kay S. M., Becchio R., Escayola M., y Novitski I., 1999. Cretaceous rift related magmatism in central-western South America. *Journal of South American Earth Sciences*, 12(2), 109-121.
- Weisink H. J., Martinez E., Aranibar O., y Jarandilla J., 1995. Structural inversion of a Cretaceous rift basin, southern Altiplano, Bolivia, in *Petroleum Basins of South America*, AAPG. Vol 62, 305-324.
- Woodward, N. B., Boyer, S. E., y Suppe, J., 1989. Balanced geological cross-sections. *Short Course in Geology*, 6, 132.
- Zaitlin, B. A., Warren, M. J., Potocki, D., Rosenthal, L., y Boyd, R., 2002. Depositional styles in a low accommodation foreland setting: an example from the Basal Quartz (Lower Cretaceous), southern Alberta. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, Vol. 50, no. 1, pp. 31–72.
- Zeil W., 1979. *The Andes: A Geological Review*: Gebruder Borntraeger, pp.1-260.
- Zuffa, G. G., 1985. Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results. In *Provenance of arenites* (pp. 165-189). Springer, Dordrecht.





## APÉNDICE

<b>Tabla A.1.</b> Datos de paleocorrientes para las columnas estratigráficas relevadas.								
<b>Paleoco- rrientes</b>		<b>Punto GPS</b>		<b>RBZ</b>		<b>Formación</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Columna sedimentaria</b>
<b>Azi- mut</b>	<b>Incli- nación</b>	<b>Sur</b>	<b>Oeste</b>	<b>Azimet</b>	<b>Inclina- ción</b>			
276	74	23°08'06"	65°39'03"	280	66	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Rio Grande
285	74							
290	77							
320	77							
306	80							
275	74	23°08'06"	65°39'02"	260	66	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Rio Grande
320	77							
306	80							
285	74							
290	77							
303	42	23°08'09"	65°39'26"	280	75	RIO GRANDE	Imbricació n	Rio Grande
308	30							
295	52							
326	75							
298	55							
300	72							
297	60							
300	45							
310	70							
295	54							
312	51							
320	45							
270	74	23°08'16'	65°39'40"	290	72	RIO GRANDE	Imbricació n	Rio Grande
263	78							
290	71							
285	75							
300	80							
300	45							
300	52	23°8'20"	65°39'53"	305	65	RIO GRANDE	Imbricació n	Rio Grande
310	43							
240	41							
335	26							
245	24							
10	42							
305	65							

318	63	22°59'15"	65°29'03"	280	55	CASA GRANDE	Planos de estratificación / laminación entrecruzada	Cruz
295	45							
300	85							
290	39	22°59'13"	65°29'01"	284	40	CASA GRANDE	Planos de estratificación / laminación entrecruzada	Cruz
80	80	22°58'54"	65°20'53"	95	70		Planos de estratificación / laminación entrecruzada	Cruz
85	80							
85	58	22°58'54"	65°30'56"	90	84	CASA GRANDE	Planos de estratificación / laminación entrecruzada	Cruz
60	64							
90	80							
110	80							
260	84	22°59'39"	65°30'58"	240	70	CASA GRANDE	Planos de estratificación / laminación entrecruzada	Cruz
250	81							
265	86							
110	85							
250	80							
270	71	22°59'42"	65°31'23"	265	60	CASA GRANDE	Planos de estratificación / laminación entrecruzada	Cruz
280	44							
275	52							
N20E								
S10W								
163	56							
160	65							
165	68							
160	79							
300	80	22°59'39"	65°30'07"	320	63	RIO GRANDE	Planos de estratificación / laminación	Cruz
310	46							
295	43							
242	65							

							entrecru- zada	
230	55	22°59'55"	65°32'03"	265	60	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Cruz
235	31							
205	50							
250	45							
250	30	22°59'59"	65°32'06"	275	60	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Cruz
250	5							
265	20							
260	52			275	60	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Cruz
250	62							
240	55							
265	65							
240	50							
280	40							
310	50	22°59'46"	65°32'09"	275	75	RIO GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Cruz
315	30							
350	25							
290	30							
315	60							
280	30	22°59'48"	65°32'15"	275	75	RIO GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Cruz
330	48							
240	33							
260	36							
210	25							
290	70							
270	75	22°59'53"	65°32'28"	275	75	RIO GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Cruz
315	60							
315	65							
270	71							
265	54	22°59'19"	65°32'24"	272	58	RIO GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Cruz
259	61							
212	49							
295	80	23°00'09"	65°33'07"	275	75	RIO GRANDE	Imbricaci- ón	Cruz
300	80							



280	65							
204	79	22°59'18"	65°32'3"	270	58	RIO GRANDE	Imbricació n	Cruz
160	73							
175	56							
160	66							
181	42							
190	45							
291	58							
245	48	22°59'16"	65°32'36"	270	58	RIO GRANDE	Imbricació n	Cruz
295	54							
325	37							
200	49							
237	40							
290	46							
208	37							
255	36							
265	49							
258	38			270	58	RIO GRANDE	Imbricació n	Cruz
260	50							
300	55							
320	50							
290	50							
280	38							
290	46							
260	53							
290	51							
227	50	22°59'17"	65°32'42"	270	58	RIO GRANDE	Imbricació n	Cruz
260	55							
260	53							
233	54							
252	70							
215	60							
217	65							
200	53							
270	60							
242	56	22°59'18"	65°32'46"	270	68	RIO GRANDE	Imbricació n	Cruz
250	50							
250	35							
215	43							
260	42							
260	43							
246	38							
215	39							

275	50							
220	70	22°59'22"	65°32'52"	270	68	RIO GRANDE	Imbricación	Cruz
222	73							
240	75							
250	58							
240	67							
230	63							
220	74							
285	30	22°59'24"	65°32'59"	270	68	RIO GRANDE	Imbricación	Cruz
295	15							
290	25							
295	20							
265	22							
280	17							
245	30	22°59'22"	65°32'52"	275	60	RIO GRANDE	Imbricación	Cruz
230	40							
260	28							
310	40							
300	32							
255	30							
250	19							
193	50	22°54'46"	65°33'08"	210	20	CASA GRANDE	Planos de estratificación / laminación entrecruzada	Tres Cruces Pueblo
193	50							
207	23							
179	28							
178	33							
134	34	22°54'51"	65°33'25"	175	24	CASA GRANDE	Planos de estratificación / laminación entrecruzada	Tres Cruces Pueblo
135	20							
N180								
190	41	22°54'52"	65°33'26"	155	24	CASA GRANDE	Planos de estratificación / laminación entrecruzada	Tres Cruces Pueblo
179	30							
183	33							
180	42							
193	25							
154	24							
192	30							
184	28							
217	24	22°54'55"	65°33'27"	186	30	CASA GRANDE	Planos de estratificación /	Tres Cruces Pueblo
178	23							
166	42							

186	45						laminación entrecru- zada	
N130								
138	22	22°54'15"	65°33'28"	180	30	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
166	38							
150	35							
120	15							
179	32	22°54'59"	65°33'39"	175	28	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
186	43							
182	34							
205	28							
165	34	22°54'54"	65°33'14"	192	24	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
187	17							
195	34							
205	18							
N215	SURC O							
N210	SURC O							
210	32	22°54'56"	65°33'22"	185	26	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
170	36							
185	29							
213	20	22°55'01"	65°33'24"	190	28	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
113	17							
158	19							
192	34	22°55'03"	65°33'22"	203	24	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
142	20							
202	22							
170	17							
195	24							
188	20							
184	41	22°55'06"	65°33'26"	195	28	CASA GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
170	34							
209	22							
205	36							
210	25							
175	26	22°55'09"	65°33'35"	180	21	RIO GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación	Tres Cruces Pueblo
197	24							
169	23							
190	32							



184	21						entrecru- zada	
196	36							
170	48							
185	25	22°55'13"	65°33'54"			RIO GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
195	34							
183	20							
176	19							
N170								
203	20	22°55'27"	65°33'34"	175	16	RIO GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
210	16							
200	14							
209	25							
189	7							
217	23							
236	29							
257	33			175	16	RIO GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
197	21							
186	17							
204	14							
210	24							
203	21							
215	20							
205	22							
230	10							
221	26	22°55'40,4 °	65°33'44,9 °	193	24	RIO GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
184	25							
164	23							
179	20							
190	31							
191	25							
239	22							
234	27							
182	24							
177	14							
213	25							
189	18	22°55'47"	65°33'54"	205	29	RIO GRANDE	Planos de estratifica- ción / laminación entrecru- zada	Tres Cruces Pueblo
193	40							
299	56							
185	40							
194	19							
198	20							
250	44	22°55'28"	65°33'54"	185	23	RIO GRANDE	Imbricació n	Tres Cruces Pueblo
260	41							

250	60							
265	5							
40	2							
270	49							
250	35							
255	22							
80	20							
95	18							
100	15							
135	52							
135	12							
95	10							
100	20							
95	12							
70	0							
194	33	22°55'27"	65°33'34"	175	16	RIO GRANDE	Imbricación	Tres Cruces Pueblo
165	58							
184	43							
215	49							
210	40							
242	64							
265	21							
249	46							
225	48							
229	54							
206	28			175	16	RIO GRANDE	Imbricación	Tres Cruces Pueblo
187	33							
191	26							
16	26							
173	30							
191	30							
112	36	22°55'33"	65°33'40"	175	16	RIO GRANDE	Imbricación	Tres Cruces Pueblo
144	22							
87	20							
101	25							
120	1							
120	23							
265	57							
254	18							
131	23	22°55'46"	65°33'54"	205	29	RIO GRANDE	Imbricación	Tres Cruces Pueblo
337	30							
332	4							
203	35							

267	24							
211	29							
286	28							
306	37							
249	32							
280	20							
237	29							
251	28							
217	48	22°55'57"	65°34'07"	200	20	RIO GRANDE	Imbricació n	Tres Cruces Pueblo
200	26							
189	52							
182	39							
159	34							
148	20							
152	41							
336	14							
165	51							
189	52							
149	50							
195	56							
112	20							
174	35							
213	42							
244	54	22°56'02"	65°34'18"	207	16	RIO GRANDE	Imbricació n	Tres Cruces Pueblo
204	41							
247	23							
246	20							
233	26							
222	30							
242	45							
266	43							
221	27							
210	35							
169	43							
225	40							
202	42							
251	15							
185	23							
197	26							
242	29							
213	35							
177	52							
169	53							



122	50	22°56'11"	65°34'39"	207	24	RIO GRANDE	Imbricació n	Tres Cruces Pueblo
153	50							
311	42							
316	37							
289	47							
310	37							
289	47							
310	37							
310	34							
321	42							
252	33							
153	37							
281	31							
284	35							
268	34							
143	36							
221	46							
249	41							
226	41							
105	32							
170	32							
171	23							
175	30							
331	23							
233	38							
261	30							
197	31							
228	42							
293	34							
286	23							
234	25							
262	11							
171	23	22°56'14"	65°34'42"	208	19	RIO GRANDE	Imbricació n	Tres Cruces Pueblo
161	36							
261	32							
211	25							
216	37							
261	38							
193	26							
224	26							
158	19							
172	28							
227	26							

177	35							
202	30							
310	33							
168	28							
231	33							
145	31							
292	40							
186	29							
217	36							
219	27							
210	28							
191	36							
236	25							
204	31							

<b>Tabla A.2.</b> Datos para diagrama triangular Qt – F – L en areniscas.				
<b>Muestra</b>	<b>Qt</b>	<b>F</b>	<b>L</b>	<b>Columna sedimentaria</b>
25-3-16-1	82	16	6	Rio Grande
25-3-16-2	77	21	5	Rio Grande
25-3-16-3	64	21	43	Rio Grande
25-3-16-4	48	18	72	Rio Grande
26-3-16-1	59	14	65	Rio Grande
26-3-16-2	19	2	247	Rio Grande
26-3-16-3	65	14	76	Rio Grande
26-3-16-4	66	21	42	Rio Grande
28-3-16-1	71	16	44	Rio Grande
28-3-16-2	79	13	27	Rio Grande
28-3-16-3	75	23	4	Rio Grande
28-3-16-4	54	9	87	Rio Grande
29-3-16-1	66	13	69	Rio Grande
29-3-16-3	72	8	64	Rio Grande
19-03-17-1	90	10	0	Tres Cruces Pueblo
19-03-17-3	88	12	0	Tres Cruces Pueblo
19-03-17-4	76	8	16	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-1	79	21	0	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-12	77	23	0	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-3	83	16	1	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-4	81	18	1	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-6	83	14	3	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-7	76	24	1	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-8	76	18	6	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-9	77	22	1	Tres Cruces Pueblo

23-03-17-13	85	15	0	Tres Cruces Pueblo
8-11-15-3	263	34	3	Cruz
9-11-15-1	243	53	4	Cruz
9-11-15-2	252	43	5	Cruz
9-11-15-3	248	33	19	Cruz
9-11-15-4	241	41	18	Cruz
9-11-15-5	239	32	29	Cruz
9-11-15-6	212	61	26	Cruz
9-11-15-7	241	33	26	Cruz
9-11-15-8	225	28	47	Cruz
9-11-15-9	220	9	71	Cruz
3-2-17-6-1	287	12	1	Cruz
3-2-17-3	268	23	9	Cruz

<b>Tabla A.3.</b> Datos para diagrama triangular Qm – F – L+Qp en areniscas.				
<b>Muestra</b>	<b>Qm</b>	<b>F</b>	<b>L+Qp</b>	<b>Columna sedimentaria</b>
25-3-16-1	71	16	13	Rio Grande
25-3-16-2	67	21	13	Rio Grande
25-3-16-3	48	20	31	Rio Grande
25-3-16-4	29	18	54	Rio Grande
26-3-16-1	38	14	48	Rio Grande
26-3-16-2	13	2	84	Rio Grande
26-3-16-3	43	14	44	Rio Grande
26-3-16-4	51	21	28	Rio Grande
28-3-16-1	54	16	31	Rio Grande
28-3-16-2	58	13	29	Rio Grande
28-3-16-3	45	23	32	Rio Grande
28-3-16-4	47	9	45	Rio Grande
29-3-16-1	54	13	33	Rio Grande
29-3-16-3	55	8	37	Rio Grande
19-03-17-1	86	10	4	Tres Cruces Pueblo
19-03-17-3	84	12	5	Tres Cruces Pueblo
19-03-17-4	65	8	26	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-1	67	21	12	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-12	67	23	10	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-3	67	16	18	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-4	68	18	14	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-6	72	14	14	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-7	67	23	10	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-8	69	18	13	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-9	68	22	10	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-13	73	15	12	Tres Cruces Pueblo

8-11-15-3	249	34	17	Cruz
9-11-15-1	194	53	53	Cruz
9-11-15-2	209	43	48	Cruz
9-11-15-3	224	33	43	Cruz
9-11-15-4	211	41	49	Cruz
9-11-15-5	204	32	64	Cruz
9-11-15-6	184	61	54	Cruz
9-11-15-7	205	33	62	Cruz
9-11-15-8	161	28	111	Cruz
9-11-15-9	165	9	126	Cruz
3-2-17-6-1	263	12	25	Cruz
3-2-17-3	233	23	44	Cruz

<b>Tabla A.4. Datos para diagrama triangular QP – Lv - Ls en areniscas.</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Qp</b>	<b>Lv</b>	<b>Ls</b>	<b>Columna sedimentaria</b>
25-3-16-1	1	0	0	Rio Grande
25-3-16-2	1	0	0	Rio Grande
25-3-16-3	1	0	0	Rio Grande
25-3-16-4	0	0	1	Rio Grande
26-3-16-1	0	0	1	Rio Grande
26-3-16-2	0	0	1	Rio Grande
26-3-16-3	0	0	1	Rio Grande
26-3-16-4	1	0	0	Rio Grande
28-3-16-1	1	0	0	Rio Grande
28-3-16-2	1	0	0	Rio Grande
28-3-16-3	1	0	0	Rio Grande
28-3-16-4	0	0	1	Rio Grande
29-3-16-1	0	0	1	Rio Grande
29-3-16-3	0	0	1	Rio Grande
19-03-17-1	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
19-03-17-3	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
19-03-17-4	0	0	1	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-1	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-12	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-3	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-4	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-6	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-7	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-8	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-9	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
23-03-17-13	1	0	0	Tres Cruces Pueblo
8-11-15-3	14	1	2	Cruz



9-11-15-1	48	0	4	Cruz
9-11-15-2	43	0	5	Cruz
9-11-15-3	24	0	19	Cruz
9-11-15-4	30	1	18	Cruz
9-11-15-5	35	7	22	Cruz
9-11-15-6	28	15	11	Cruz
9-11-15-7	35	1	25	Cruz
9-11-15-8	64	1	47	Cruz
9-11-15-9	55	0	71	Cruz
3-2-17-6-1	24	0	1	Cruz
3-2-17-3	35	0	9	Cruz

<b>Tabla A.5. Datos para diagramas triangulares en conglomerados</b>				
<b>Espesor</b>	<b>C</b>	<b>G</b>	<b>L</b>	<b>Columna sedimentaria</b>
250	20	7	73	Cruz
268	18	10	72	Cruz
300	24	4	72	Cruz
359	22	3	75	Cruz
380	13	13	74	Cruz
400	16	0	84	Cruz
400	26	0	74	Cruz
451	16	7	77	Cruz
500	17	12	71	Cruz
500	16	13	72	Cruz
525	16	7	77	Cruz
550	16	11	73	Cruz
575	13	3	84	Cruz
581	15	11	74	Cruz
600	7	13	80	Cruz
737	8	22	70	Cruz
750	15	12	73	Cruz
780	17	18	64	Cruz
916	23	9	68	Cruz
920	10	14	76	Cruz
947	9	21	70	Cruz
1039	24	8	68	Cruz
1040	7	17	76	Cruz
1050	9	24	67	Cruz
1108	8	18	74	Cruz
1135	2	26	72	Cruz
1210	10	21	69	Cruz
1227	13	20	67	Cruz

1295	12	14	74	Cruz
1350	5	13	82	Cruz
1480	10	17	73	Cruz
1500	8	10	83	Cruz
1555	6	24	70	Cruz
1558	24	13	63	Cruz
1568	10	26	63	Cruz
1685	4	19	76	Cruz
1689	8	20	72	Cruz
1702	10	9	81	Cruz
1750	5	22	74	Cruz
1950	6	24	71	Cruz
2030	5	17	78	Cruz
2070	13	14	74	Cruz
2100	8	0	92	Cruz
2461	12	21	67	Cruz
3117	6	19	75	Cruz
3607	8	17	74	Cruz
98	13	17	70	Rio Grande
122	20	7	73	Rio Grande
147	21	12	67	Rio Grande
172	16	10	74	Rio Grande
195	20	15	64	Rio Grande
200	16	10	74	Rio Grande
332	12	15	73	Rio Grande
448	13	10	78	Rio Grande
460	9	19	72	Rio Grande
521	12	10	78	Rio Grande
640	17	21	62	Rio Grande
770	11	23	66	Rio Grande
852	4	30	66	Rio Grande
906	3	18	79	Rio Grande
1086	11	8	81	Rio Grande
1193	11	30	59	Rio Grande
1280	2	5	94	Rio Grande
1330	7	33	60	Rio Grande
1690	3	27	66	Rio Grande
700	10	0	90	Tres Cruces Norte
750	10	0	90	Tres Cruces Norte
800	5	2	93	Tres Cruces Norte
850	5	2	93	Tres Cruces Norte
900	9	10	81	Tres Cruces Norte
950	15	7	79	Tres Cruces Norte

1000	8	21	72	Tres Cruces Norte
1050	4	26	70	Tres Cruces Norte
1100	9	21	70	Tres Cruces Norte
1150	6	23	71	Tres Cruces Norte
1200	9	16	75	Tres Cruces Norte
1250	11	25	64	Tres Cruces Norte
1300	7	18	75	Tres Cruces Norte
1350	8	32	60	Tres Cruces Norte
1400	6	20	75	Tres Cruces Norte
1450	6	20	75	Tres Cruces Norte
1500	5	16	79	Tres Cruces Norte
1550	7	25	68	Tres Cruces Norte

**Tabla A.6.** Datos de conteo de clastos en conglomerados para las columnas sedimentarias levantadas.

Espesor	Grupo Mesón	Grupo Santa Victoria	Subgrupo Pirgua	Subgrupo Balbuena	Subgrupo Santa Bárbara	Ígneos	Qz	Total	Columna sedimentaria
250	0	60	13	0	0	7	20	100	Cruz
268	0	47	20	5	0	10	18	100	Cruz
300	2	55	16	0	0	4	24	100	Cruz
359	0	45	17	13	0	3	22	100	Cruz
380	3	48	17	7	0	13	13	100	Cruz
400	1	68	15	0	0	0	16	100	Cruz
500	4	52	16	0	0	13	16	100	Cruz
525	0	48	19	10	0	7	16	100	Cruz
550	0	53	19	0	0	11	16	100	Cruz
575	6	55	23	0	0	3	13	100	Cruz
581	6	43	17	8	0	11	15	100	Cruz
600	0	37	40	3	0	13	7	100	Cruz
737	0	37	28	5	0	22	8	100	Cruz
750	0	41	17	16	0	12	15	100	Cruz
780	0	40	18	6	0	18	17	100	Cruz
916	0	41	26	1	0	9	23	100	Cruz
920	0	46	24	6	0	14	10	100	Cruz
947	8	44	17	2	0	21	9	100	Cruz
1040	0	48	25	3	0	17	7	100	Cruz
1050	0	38	28	1	0	24	9	100	Cruz
1108	0	47	19	8	0	18	8	100	Cruz
1135	0	42	26	4	0	26	2	100	Cruz
1210	0	22	46	2	0	21	10	100	Cruz
1227	1	44	16	6	0	20	13	100	Cruz
1295	0	51	20	3	0	14	12	100	Cruz

1350	0	38	41	3	0	13	5	100	Cruz
1480	0	38	27	8	0	17	10	100	Cruz
1500	0	53	28	2	0	10	8	100	Cruz
1555	3	24	39	4	0	24	6	100	Cruz
1568	0	35	22	6	0	26	10	100	Cruz
1685	3	34	38	2	0	19	4	100	Cruz
1702	2	41	34	4	0	9	10	100	Cruz
1750	0	39	31	3	0	22	5	100	Cruz
1950	0	35	25	10	0	24	6	100	Cruz
2030	0	44	31	4	0	17	5	100	Cruz
2070	9	51	11	2	0	14	13	100	Cruz
2100	0	52	40	0	0	0	8	100	Cruz
2461	5	40	16	6	0	21	12	100	Cruz
250	0	54	6	21	0	3	16	100	Rio Grande
300	0	81	3	4	0	1	12	100	Rio Grande
350	0	81	3	4	0	1	12	100	Rio Grande
400	0	76	4	4	0	3	13	100	Rio Grande
450	0	76	4	4	0	3	13	100	Rio Grande
500	0	79	3	8	0	1	9	100	Rio Grande
550	0	58	8	20	0	1	12	100	Rio Grande
600	0	70	1	10	0	1	17	100	Rio Grande
650	0	70	1	10	0	1	17	100	Rio Grande
700	3	69	9	8	0	0	11	100	Rio Grande
750	3	69	9	8	0	0	11	100	Rio Grande
800	5	77	13	2	0	0	4	100	Rio Grande
850	5	77	13	2	0	0	4	100	Rio Grande
900	2	69	22	4	0	0	3	100	Rio Grande
950	2	69	22	4	0	0	3	100	Rio Grande
1000	1	36	42	9	0	0	11	100	Rio Grande
1050	1	36	42	9	0	0	11	100	Rio Grande
1100	3	59	17	6	0	5	11	100	Rio Grande
1150	3	59	17	6	0	5	11	100	Rio Grande
1200	3	59	17	6	0	5	11	100	Rio Grande
1250	1	63	35	0	0	0	2	100	Rio Grande
1300	1	63	35	0	0	0	2	100	Rio Grande
1350	2	69	10	3	0	9	7	100	Rio Grande
700	4	22	9	55	0	0	10	100	Tres Cruces Norte
750	4	22	9	55	0	0	10	100	Tres Cruces Norte
800	9	15	20	50	0	2	5	100	Tres Cruces Norte
850	9	15	20	50	0	2	5	100	Tres Cruces Norte



900	14	27	14	26	0	10	9	100	Tres Cruces Norte
950	12	44	7	17	0	7	15	100	Tres Cruces Norte
1000	8	40	20	4	0	21	8	100	Tres Cruces Norte
1050	10	50	9	1	0	26	4	100	Tres Cruces Norte
1100	6	53	11	0	0	21	9	100	Tres Cruces Norte
1150	14	50	6	1	0	23	6	100	Tres Cruces Norte
1200	11	54	11	0	0	16	9	100	Tres Cruces Norte
1250	9	50	6	0	0	25	11	100	Tres Cruces Norte
1300	11	50	13	0	0	18	7	100	Tres Cruces Norte
1350	8	45	8	0	0	32	8	100	Tres Cruces Norte
1400	8	36	29	2	0	20	6	100	Tres Cruces Norte
1450	8	36	29	2	0	20	6	100	Tres Cruces Norte
1500	8	44	26	0	0	16	5	100	Tres Cruces Norte
1550	12	50	6	0	0	25	7	100	Tres Cruces Norte

**Tabla A.7.** Datos estructurales relevados en la cuenca de Tres Cruces.

Coordenada X	Coordenada Y	Cota	Dip	Azimuth	Formación	Tipo
3529799.07	7486230.15	3481.94	40	300	Pirgua	NORMAL
3529625.1	7485743.84	3502.04	35	305	Pirgua	NORMAL
3529526.26	7485281.25	3557.69	35	304	Pirgua	NORMAL
3529174.38	7485170.55	3521.18	35	131	Pirgua	NORMAL
3529249.5	7484769.24	3650.58	35	307	Pirgua	NORMAL
3528929.24	7484488.52	3604.54	65	303	Pirgua	NORMAL
3528923.31	7483844.06	3660.08	25	301	Pirgua	NORMAL
3528820.51	7483571.25	3665.21	30	298	Pirgua	NORMAL
3529176.35	7483193.67	3517.31	60	304	Pirgua	NORMAL
3529178.33	7483421.01	3512.36	45	301	Pirgua	NORMAL
3528992.5	7483043.43	3558.95	65	296	Pirgua	NORMAL
3528650.5	7483885.58	3689.14	35	305	Pirgua	NORMAL
3528403.39	7483875.69	3626.97	20	130	Pirgua	NORMAL

3528460.72	7483551.48	3725.56	30	303	Pirgua	NORMAL
3528132.56	7483551.48	3593.32	50	120	Pirgua	NORMAL
3528096.98	7483104.71	3601.99	30	118	Pirgua	NORMAL
3528253.15	7482883.3	3710.61	45	285	Pirgua	NORMAL
3527982.32	7482533.39	3591.4	35	120	Pirgua	NORMAL
3528195.82	7482505.71	3698.96	45	302	Pirgua	NORMAL
3527859.75	7483474.39	3508.02	85	119	Ordovicico	NORMAL
3527610.67	7482396.99	3502.46	70	170	Ordovicico	NORMAL
3539611.63	7489332.75	3608.87	85	109	Rio Grande	OVERTURNED
3539962.2	7489135.07	3596.07	80	91		OVERTURNED
3540159.89	7489261.59	3606.54	85	297	Rio Grande	NORMAL
3540995.45	7489298.49	3691.12	50	86	Lecho	NORMAL
3541414.55	7489351.2	3676.36	45	109	Lecho	NORMAL
3542073.51	7489124.52	3857.56	80	247	Pirgua	NORMAL
3542988.14	7489084.98	3796.64	85	225	Pirgua	NORMAL
3543249.09	7489314.3	3811.44	80	292	Pirgua	NORMAL
3541675.49	7488336.41	3766.6	25	92	Lecho	NORMAL
3541867.91	7487962.12	3803.46	26	96	Lecho	NORMAL
3542113.04	7487564.11	3888.2	90	79	Lecho	VERTICAL
3542392.44	7487129.19	3922.42	90	71	Lecho	VERTICAL
3543122.57	7486293.63	3871.32	90	71	Pirgua	VERTICAL
3542439.89	7486367.44	3862.01	90	71	Lecho	VERTICAL
3542785.18	7487021.12	3944.57	80	273	Pirgua	OVERTURNED
3538876.23	7486754.9	3588.4	70	107		OVERTURNED
3539113.46	7486704.82	3590.4	70	110	Casa Grande	OVERTURNED
3539590.55	7486522.95	3606.38	75	111	Rio Grande	OVERTURNED
3540768.77	7486641.56	3657.5	75	218		OVERTURNED
3539927.93	7486860.34	3618.87	75	286	Rio Grande	NORMAL
3540199.42	7486493.96	3622.26	80	299	Lumbreras	NORMAL
3539782.96	7486517.68	3619.16	70	311	Rio Grande	NORMAL
3540397.11	7486586.21	3624.78	65	133	Lumbreras	NORMAL
3540542.08	7486599.39	3630.6	65	134	Casa Grande	NORMAL
3541208.95	7486649.47	3718.4	31	101	Lecho	NORMAL
3541206.31	7487100.2	3697.75	33	107	Lecho	NORMAL
3541506.8	7487540.38	3730.86	35	89	Lecho	NORMAL
3541904.81	7487131.83	3819.75	15	149	Lecho	NORMAL
3542128.86	7486928.87	3837.4	70	251	Lecho	NORMAL
3541609.6	7486868.25	3795.49	35	138	Lecho	NORMAL
3541166.78	7486383.25	3735.44	43	133	Lecho	NORMAL
3541780.93	7486504.5	3863.68	30	125	Lecho	NORMAL
3541965.44	7486578.3	3846.41	10	167	Lecho	NORMAL
3541443.54	7486035.32	3895.86	35	152	Lecho	NORMAL
3542990.78	7487226.72	3966.51	70	254	Pirgua	NORMAL

3542310.73	7489891.55	3761.24	85	270	Pirgua	OVERTURNED
3543090.94	7489680.68	3782.99	70	254	Pirgua	OVERTURNED
3543676.09	7487152.92	3832.69	80	245	Ordovicico	NORMAL
3543684	7486931.51	3818.92	80	89	Ordovicico	NORMAL
3543499.49	7486963.14	3857.64	60	257	Pirgua	NORMAL
3543705.09	7486375.34	3796.56	65	83	Pirgua	NORMAL
3548378.43	7489029.63	3801.11	15	102	Pirgua	NORMAL
3548388.97	7486794.44	3815.61	40	100	Pirgua	NORMAL
3548341.53	7487279.44	3812.46	25	93	Pirgua	NORMAL
3548760.62	7487060.66	3816.11	15	160	Pirgua	NORMAL
3549232.44	7487166.1	3803.62	15	269	Pirgua	NORMAL
3549509.2	7487113.38	3805.53	20	269	Pirgua	NORMAL
3549891.4	7487487.67	3800.25	70	105	Pirgua	NORMAL
3549764.88	7486710.1	3804.41	60	276	Pirgua	NORMAL
3549946.75	7486765.45	3803.12	50	241	Pirgua	NORMAL
3550552.99	7486675.83	3844.24	80	117	Pirgua	NORMAL
3550463.38	7487274.16	3839.42	85	123	Pirgua	NORMAL
3550903.56	7486889.33	3829.33	50	289	Pirgua	NORMAL
3551188.23	7486833.98	3803.76	55	123	Pirgua	NORMAL
3550908.83	7486464.96	3825.22	55	140	Pirgua	NORMAL
3551504.53	7486862.97	3822.42	30	109	Pirgua	NORMAL
3550853.48	7487875.14	3788.91	15	162	Pirgua	NORMAL
3551507.17	7487788.15	3807.33	50	89	Pirgua	NORMAL
3551356.92	7488225.7	3834.66	30	90	Pirgua	NORMAL
3551130.24	7488452.38	3823.29	65	135	Pirgua	NORMAL
3550953.64	7488734.42	3829.31	25	331	Pirgua	NORMAL
3552192.48	7489743.94	3802.68	50	228	Pirgua	NORMAL
3552527.24	7489475.09	3806.27	25	231	Pirgua	NORMAL
3552400.72	7488879.39	3843.31	35	224	Pirgua	NORMAL
3551865.64	7486675.83	3857.77	35	133	Pirgua	NORMAL
3550065.36	7486016.87	3828.96	75	126	Pirgua	NORMAL
3549936.21	7485898.26	3823.57	45	271	Pirgua	NORMAL
3550500.28	7485410.63	3819.04	65	114	Pirgua	NORMAL
3550194.52	7485128.59	3836.94	70	115	Pirgua	NORMAL
3550049.55	7485007.34	3844.71	75	298	Pirgua	NORMAL
3549535.56	7484235.04	3883.95	55	258	Pirgua	NORMAL
3550139.17	7484298.3	3840.4	65	273	Pirgua	NORMAL
3550218.24	7484614.6	3828.24	90	294	Pirgua	VERTICAL
3550869.29	7484865.01	3822.99	75	142	Lecho	NORMAL
3550811.31	7484474.91	3840.69	80	117	Lecho	NORMAL
3551022.17	7484351.02	3846.5	25	335	Lecho	NORMAL
3551211.95	7484561.89	3832.27	20	124	Pirgua	NORMAL
3551986.89	7485194.49	3831.08	45	120	Pirgua	NORMAL

3552232.02	7483494.37	3861.79	30	130	Lecho	NORMAL
3551037.99	7483649.89	3834.47	35	121	Lecho	NORMAL
3550700.6	7483199.16	3846.79	55	115	Pirgua	NORMAL
3550484.46	7483352.04	3833.7	80	308		NORMAL
3544567.01	7484688.41	3767.61	85	167	Ordovicico	NORMAL
3544261.25	7484749.03	3762.83	90	287	Ordovicico	VERTICAL
3543626.01	7484488.08	3815.97	75	257	Pirgua	NORMAL
3543125.2	7483779.04	3795.01	80	260	Pirgua	NORMAL
3543017.13	7483541.82	3754.03	70	77	Pirgua	NORMAL
3543201.64	7483307.23	3755.07	80	227	Pirgua	OVERTURNED
3543372.97	7483046.28	3740.85	10	163		NORMAL
3543246.45	7482458.49	3784.04	10	231		NORMAL
3542429.34	7482729.98	3766.92	7	300		NORMAL
3541121.97	7483257.15	3726.94	20	117		NORMAL
3540948	7483367.85	3708.76	35	101	Rio Grande	NORMAL
3541269.57	7483705.24	3724.18	16	113		NORMAL
3540911.1	7483860.75	3690.6	65	107	Rio Grande	NORMAL
3540536.81	7483694.7	3678.4	55	102	Rio Grande	NORMAL
3540969.09	7484119.07	3695.87	75	66		NORMAL
3540845.2	7484424.82	3687.93	80	267	Rio Grande	NORMAL
3541003.36	7485038.97	3646.94	65	144	Lecho	NORMAL
3541686.04	7485292.01	3748.16	60	162	Lecho	NORMAL
3541867.91	7485220.85	3719.75	75	167	Lecho	NORMAL
3542163.12	7485044.25	3810.41	85	237	Lecho	NORMAL
3542439.89	7485297.29	3863.62	75	269	Lecho	OVERTURNED
3542339.72	7484751.67	3848.54	65	243	Lecho	OVERTURNED
3542582.22	7484240.32	3815.19	75	251	Lecho	OVERTURNED
3543009.23	7484237.68	3742.09	75	239	Pirgua	OVERTURNED
3543209.55	7485745.38	3792	85	271	Pirgua	OVERTURNED
3543019.77	7485091.69	3823.23	60	281	Pirgua	NORMAL
3543375.61	7485062.7	3818.68	25	273	Pirgua	NORMAL
3541248.49	7485423.81	3776.94	75	261	Lecho	OVERTURNED
3540792.49	7485842.9	3648.77	15	304	Casa Grande	OVERTURNED
3540858.38	7485149.68	3650.96	20	265	Casa Grande	NORMAL
3540473.55	7482727.34	3700.47	60	106	Rio Grande	NORMAL
3540468.28	7482403.14	3705.66	50	120	Rio Grande	NORMAL
3540038.64	7482403.14	3686.09	40	125	Rio Grande	NORMAL
3540070.27	7484314.12	3657.2	90	284		VERTICAL
3540009.64	7484659.41	3639.94	90	331		VERTICAL
3539400.77	7485829.73	3627.85	75	107	Rio Grande	OVERTURNED
3539540.47	7485674.21	3622.44	75	288	Rio Grande	NORMAL
3539224.16	7483834.4	3650.49	60	271	Rio Grande	NORMAL
3539527.29	7483797.49	3658.67	85	282		NORMAL



3539619.54	7483555	3663.33	70	30	Maiz Gordo	NORMAL
3535739.59	7483963.55	3579.26	38	321	Lecho	NORMAL
3535562.99	7482376.78	3582.98	28	32	Lecho	NORMAL
3535222.96	7481947.14	3693.2	21	7	Lecho	NORMAL
3534574.55	7481941.87	3619.71	20	336	Lecho	NORMAL
3534197.62	7482345.15	3575.9	30	338		NORMAL
3528427.77	7481886.51	3700.47	30	302	Pirgua	NORMAL
3528066.67	7481702	3685.29	40	304	Pirgua	NORMAL
3527589.58	7481686.19	3510.61	25	142	Ordovicico	NORMAL
3525093.44	7480990.33	3471.4	55	296	Ordovicico	NORMAL
3525204.15	7480866.44	3470.22	60	290	Ordovicico	NORMAL
3525401.83	7479300.76	3511.76	55	271	Ordovicico	NORMAL
3525855.2	7479282.31	3533.46	45	91	Ordovicico	NORMAL
3526661.76	7479572.25	3506.47	55	169	Ordovicico	NORMAL
3526848.91	7480286.56	3499.4	55	244	Ordovicico	NORMAL
3527117.76	7480223.3	3525.63	55	217	Ordovicico	NORMAL
3527352.35	7480107.32	3523.7	55	195	Ordovicico	NORMAL
3527626.48	7479925.45	3512.64	30	271	Ordovicico	NORMAL
3527618.57	7479706.68	3504.85	55	219	Ordovicico	NORMAL
3527167.84	7479769.94	3528.9	60	282	Ordovicico	NORMAL
3527120.4	7479385.1	3513.56	50	278	Ordovicico	NORMAL
3527594.85	7479371.92	3512.03	20	229	Ordovicico	NORMAL
3527626.48	7479029.27	3513.2	55	299	Ordovicico	NORMAL
3527004.42	7479126.79	3508.82	50	265	Ordovicico	NORMAL
3526746.11	7479361.38	3510.75	60	274	Ordovicico	NORMAL
3526785.65	7479026.63	3520.57	40	257	Ordovicico	NORMAL
3526508.89	7479179.51	3507.05	40	242	Ordovicico	NORMAL
3526466.71	7478981.82	3529.86	30	241	Pirgua	NORMAL
3526680.21	7478763.05	3528.66	35	271	Ordovicico	NORMAL
3526587.96	7478657.61	3535.42	40	276	Pirgua	NORMAL
3526298.02	7478918.56	3542.01	35	199	Pirgua	NORMAL
3526031.8	7478805.22	3551.2	30	158	Pirgua	NORMAL
3525757.67	7478960.73	3561.87	65	140	Ordovicico	NORMAL
3525620.61	7479068.8	3536.19	60	122	Ordovicico	NORMAL
3525588.98	7478586.44	3519.93	60	121	Ordovicico	NORMAL
3525733.95	7478436.2	3535.85	50	138	Pirgua	NORMAL
3525567.89	7478075.09	3504.99	40	120	Pirgua	NORMAL
3526769.83	7478330.77	3522.52	45	277	Ordovicico	NORMAL
3528214.27	7481153.75	3599.22	25	300	Pirgua	NORMAL
3527845.25	7480911.25	3516.67	40	189	Ordovicico	NORMAL
3533153.83	7481227.55	3620.12	26	328	Lecho	NORMAL
3534047.38	7481235.46	3585.72	27	323		NORMAL
3534769.6	7480326.1	3570.32	15	307		NORMAL

3534197.62	7480231.21	3569.12	15	335	Pirgua	NORMAL
3533591.38	7480536.96	3589.55	25	321	Pirgua	NORMAL
3533056.31	7480476.34	3553.76	40	306	Pirgua	NORMAL
3532418.43	7479941.26	3531.32	35	295		NORMAL
3531503.8	7480357.73	3538.47	25	69	Ordovicico	NORMAL
3531654.04	7479872.73	3532.79	14	59	Ordovicico	NORMAL
3533119.57	7479158.42	3853.63	20	294	Pirgua	NORMAL
3534258.25	7479482.63	3696.65	20	286	Pirgua	NORMAL
3533691.54	7478805.22	3709.57	14	326	Pirgua	NORMAL
3533633.55	7478554.81	3718.7	14	330	Pirgua	NORMAL
3533765.35	7478512.64	3645.81	34	8	Pirgua	NORMAL
3533430.59	7478017.1	3642.96	23	17	Lecho	NORMAL
3531738.39	7478025.01	3561.73	30	296	Pirgua	NORMAL
3535995.26	7481293.45	3608.58	68	56	Lecho	NORMAL
3536087.52	7480091.51	3602.41	68	92	Lecho	OVERTURNED
3540813.57	7481836.43	3734.39	45	96	Rio Grande	NORMAL
3540977	7481807.44	3735.66	12	131		NORMAL
3540547.36	7481725.73	3710.93	44	104	Rio Grande	NORMAL
3540125.62	7481794.26	3695.72	55	116	Rio Grande	NORMAL
3539782.96	7481348.8	3702.38	65	101	Rio Grande	NORMAL
3539833.04	7480890.17	3713.6	63	107	Rio Grande	NORMAL
3539493.02	7480228.57	3702.1	75	119	Rio Grande	NORMAL
3539796.14	7480154.77	3714.59	50	116	Rio Grande	NORMAL
3539851.49	7480373.54	3714.53	66	112	Rio Grande	NORMAL
3540130.89	7479938.63	3720.99	20	107	Rio Grande	NORMAL
3539901.58	7479711.95	3711.88	50	104	Rio Grande	NORMAL
3539593.18	7479820.02	3701.71	50	116	Rio Grande	NORMAL
3539614.27	7479195.32	3694.85	75	106	Pisungo	NORMAL
3539901.58	7479026.63	3701.57	10	115	Pisungo	NORMAL
3539181.99	7479234.86	3673.49	40	117	Rio Grande	NORMAL
3539060.74	7479195.32	3671.17	30	265	Pisungo	NORMAL
3545349.85	7481881.24	3907.1	7	320	Ordovicico	NORMAL
3546501.71	7481599.21	3955.29	75	143	Pirgua	NORMAL
3545919.19	7481214.37	3964.2	30	338	Ordovicico	NORMAL
3546238.13	7480924.43	3992.63	20	108	Ordovicico	NORMAL
3545797.94	7480700.39	4017.59	20	91	Ordovicico	NORMAL
3545081	7480774.19	3929.69	60	305	Ordovicico	NORMAL
3544682.98	7481562.3	3852.29	45	305	Ordovicico	NORMAL
3544327.15	7480929.7	3892.36	80	322	Ordovicico	NORMAL
3544002.94	7481409.43	3847.39	80	344	Rio Grande	OVERTURNED
3544002.94	7481261.82	3877.95	50	342	Rio Grande	OVERTURNED
3543905.41	7480961.33	3879.76	60	220		OVERTURNED
3543560.12	7480905.98	3828.65	80	248	Casa Grande	OVERTURNED

3543375.61	7480845.36	3814.38	70	309	Rio Grande	NORMAL
3542806.27	7480218.03	3804.67	10	270		NORMAL
3543138.38	7480218.03	3787.78	80	277	Rio Grande	NORMAL
3543710.36	7480231.21	3837.86	80	307	Casa Grande	NORMAL
3543407.24	7479959.72	3804.34	80	287	Casa Grande	NORMAL
3544010.85	7480286.56	3858.37	40	321	Lecho	OVERTURNED
3543818.43	7480125.77	3833.5	50	295	Yacoraite	OVERTURNED
3543950.22	7479387.74	3867.49	50	291	Lecho	OVERTURNED
3543681.37	7478715.6	3899.24	70	269	Lecho	OVERTURNED
3543417.78	7478728.78	3869.91	70	270	Yacoraite	OVERTURNED
3543204.28	7479648.69	3782.84	90	299	Casa Grande	VERTICAL
3542964.42	7479192.69	3797.19	90	305	Casa Grande	VERTICAL
3543201.64	7478539	3837.95	85	132	Lumbreras	NORMAL
3545982.45	7480086.24	4038.14	35	112	Ordovicico	NORMAL
3546319.84	7479838.47	4012.06	30	104	Ordovicico	NORMAL
3545993	7479427.28	4047.3	40	132	Ordovicico	NORMAL
3545537	7479559.07	4081.18	56	109	Ordovicico	NORMAL
3544941.3	7479058.26	4019	30	289	Ordovicico	NORMAL
3545294.5	7478770.95	4058.04	45	96	Ordovicico	NORMAL
3546976.16	7480805.82	3945.77	5	123	Pirgua	NORMAL
3547474.34	7480784.73	4035.48	5	128	Pirgua	NORMAL
3548022.59	7480934.98	4058.09	10	203	Lecho	NORMAL
3547028.88	7480344.55	3999.3	65	129	Pirgua	NORMAL
3547007.79	7479907	4007.15	40	149	Lecho	NORMAL
3549208.72	7479946.54	3960.46	15	285	Pirgua	NORMAL
3549090.1	7479393.01	3956.84	11	292	Pirgua	NORMAL
3549938.84	7479398.28	3945.49	50	279	Pirgua	NORMAL
3549148.09	7478689.24	4010.69	25	322	Pirgua	NORMAL
3548001.5	7478966	4060.71	25	246	Lecho	NORMAL
3547598.22	7479403.55	3978.46	25	287	Lecho	NORMAL
3547711.56	7478976.55	3970.55	55	94	Lecho	NORMAL
3550484.46	7479588.06	3918.87	50	272	Ordovicico	NORMAL
3550408.02	7479935.99	3927.23	40	287	Ordovicico	NORMAL
3550355.31	7480587.04	3896.51	35	306	Ordovicico	NORMAL
3550732.23	7481881.24	3897.4	80	123	Lecho	NORMAL
3550173.43	7478747.23	3915.49	35	288	Ordovicico	NORMAL
3549775.42	7478728.78	3982.78	20	291	Pirgua	NORMAL
3552579.95	7482484.85	3858.46	80	271	Lecho	NORMAL
3551464.99	7480816.36	3995.21	50	99	Lecho	OVERTURNED
3551457.09	7480449.98	3988	75	101	Lecho	OVERTURNED
3551119.7	7480136.32	3972.47	80	108	Lecho	OVERTURNED
3551739.12	7480231.21	3942.55	90	293	Yacoraite	VERTICAL
3551533.53	7479353.47	3960.55	35	302	Yacoraite	OVERTURNED

3551188.23	7479406.19	3920.07	55	100	Lecho	OVERTURNED
3551098.61	7478749.87	3917.38	45	91	Ordovicico	NORMAL
3551417.55	7478662.88	3969.17	35	98	Pirgua	NORMAL
3551493.99	7478341.31	3920.27	25	96	Pirgua	NORMAL
3551720.67	7478090.91	3951.05	30	95	Pirgua	NORMAL
3551952.62	7477300.16	3930.34	65	106	Pirgua	NORMAL
3549796.51	7478309.68	3945.69	25	306	Pirgua	NORMAL
3549300.97	7477756.16	3932.73	25	271	Pirgua	NORMAL
3549519.75	7477308.06	3951.89	10	259	Pirgua	NORMAL
3550139.17	7477532.11	3946.58	20	265	Pirgua	NORMAL
3550766.5	7477070.84	3904.38	15	278	Ordovicico	NORMAL
3550294.68	7477039.21	3899.61	40	310	Ordovicico	NORMAL
3549677.9	7476912.69	3964.32	35	78	Pirgua	NORMAL
3549999.47	7476830.98	3919.8	15	323	Pirgua	NORMAL
3549071.65	7476564.76	3986.19	30	101	Ordovicico	NORMAL
3551151.33	7477563.74	3904.64	30	89	Ordovicico	OVERTURNED
3551823.47	7477853.68	3927.73	85	69	Pirgua	OVERTURNED
3545231.24	7477893.22	4055.7	30	121	Ordovicico	NORMAL
3546014.08	7478296.5	4066.16	30	227	Ordovicico	NORMAL
3546709.94	7477858.95	4035.05	30	113	Ordovicico	NORMAL
3547229.2	7478156.8	4063.51	20	191	Ordovicico	NORMAL
3547624.58	7477658.63	4025.56	40	192	Ordovicico	NORMAL
3548771.17	7478127.81	4011.21	45	137	Pirgua	NORMAL
3548533.94	7477458.31	3949.95	40	305	Ordovicico	NORMAL
3548143.84	7477094.56	3972.15	50	123	Ordovicico	NORMAL
3546586.06	7477352.87	4035.53	30	115	Ordovicico	NORMAL
3544709.34	7478396.66	4012.73	50	136	Ordovicico	NORMAL
3544337.69	7478272.78	3927.86	85	147	Ordovicico	NORMAL
3544190.08	7477909.03	3937.16	80	288	Ordovicico	NORMAL
3544669.8	7477558.47	4001.23	45	289	Ordovicico	NORMAL
3543958.13	7478051.37	3938.89	60	137	Lecho	NORMAL
3543589.11	7477210.54	3963.94	50	327	Pirgua	NORMAL
3543317.62	7476815.16	3950.1	60	315	Pirgua	NORMAL
3543488.95	7476686.01	3922.03	70	311	Pirgua	NORMAL
3543430.96	7478365.03	3852.72	80	314	Mealla	NORMAL
3542421.44	7476722.91	3863.2	65	317	Yacoraite	OVERTURNED
3542732.46	7477165.73	3858.46	90	132	Yacoraite	VERTICAL
3541894.27	7477342.33	3775.73	90	135	Casa Grande	VERTICAL
3542131.49	7476772.99	3731.81	90	123		VERTICAL
3542663.93	7476235.28	3891.56	60	297	Pirgua	NORMAL
3542843.17	7476156.2	3900.65	40	299	Pirgua	NORMAL
3542824.72	7475903.16	3890.99	40	304	Pirgua	NORMAL
3543415.15	7475760.83	3924.85	35	306	Ordovicico	NORMAL



3543652.37	7475781.91	3951.72	-999	15	Ordovicico	NORMAL
3544111.01	7475721.29	3943.8	40	110	Ordovicico	NORMAL
3544432.58	7475212.57	3920.6	20	298	Ordovicico	NORMAL
3543417.78	7475220.48	3955.92	20	148	Ordovicico	NORMAL
3542901.16	7475157.22	3906.18	20	301	Pirgua	NORMAL
3541367.1	7476074.49	3706.35	90	300	Casa Grande	VERTICAL
3541825.74	7475958.51	3741.89	90	296	Mealla	VERTICAL
3541865.27	7474941.08	3844.63	90	275	Yacoraite	VERTICAL
3542134.13	7474864.64	3850.46	90	279	Lecho	VERTICAL
3531746.29	7477608.55	3567.47	31	321	Pirgua	NORMAL
3531799.01	7477094.56	3598.72	32	298	Pirgua	NORMAL
3532608.21	7477637.54	3839.31	27	327	Pirgua	NORMAL
3533080.03	7477171	3613.44	30	105		NORMAL
3532726.83	7477315.97	3661.53	29	13	Lecho	NORMAL
3532595.03	7476838.88	3577	30	352	Lecho	NORMAL
3533225	7477658.63	3632.5	63	332	Lecho	NORMAL
3533541.3	7477706.07	3630.5	34	313	Lecho	NORMAL
3533472.77	7477286.98	3596.64	19	358		NORMAL
3526706.57	7477566.38	3534.05	60	273	Pirgua	NORMAL
3526814.64	7477416.13	3527.97	30	249	Ordovicico	NORMAL
3527028.15	7473683.79	3514.62	50	268	Pirgua	NORMAL
3527041.32	7473401.75	3516.13	55	262	Pirgua	NORMAL
3527766.18	7473428.11	3551.26	30	197	Pirgua	NORMAL
3527995.5	7473356.94	3579.24	80	145	Pirgua	NORMAL
3528193.19	7473217.24	3595.66	70	254	Pirgua	NORMAL
3527196.84	7472597.82	3596.16	65	167	Pirgua	NORMAL
3528040.31	7472629.45	3582.58	25	224	Pirgua	NORMAL
3527065.05	7472278.89	3529.18	35	165	Lecho	NORMAL
3527692.38	7472379.05	3558.06	30	261	Lecho	NORMAL
3528195.82	7472350.05	3557.3	25	91	Ordovicico	NORMAL
3528520.03	7472115.46	3571.44	85	120	Ordovicico	NORMAL
3528659.73	7471846.61	3570.41	30	132	Ordovicico	NORMAL
3529084.1	7471561.94	3595.45	75	87	Ordovicico	NORMAL
3529497.92	7471693.73	3593.62	30	138	Ordovicico	NORMAL
3531770.02	7473741.78	3575.23	60	280	Ordovicico	NORMAL
3531912.35	7473733.87	3574.88	60	89	Ordovicico	NORMAL
3532189.11	7473404.39	3587.19	40	77	Ordovicico	NORMAL
3532041.51	7473417.57	3591.01	15	323	Ordovicico	NORMAL
3532149.58	7472943.12	3607.37	40	65	Ordovicico	NORMAL
3532334.09	7472740.16	3614.47	30	288	Ordovicico	NORMAL
3532629.3	7473153.98	3586.55	50	88	Ordovicico	NORMAL
3532826.99	7472890.4	3592	80	236		NORMAL
3533119.57	7472315.79	3609.21	30	69		OVERTURNED

3532376.26	7471783.35	3649.73	40	88	Ordovícico	NORMAL
3532753.18	7471522.4	3646.46	40	63	Ordovícico	NORMAL
3533362.06	7471585.66	3632.94	65	271	Lecho	NORMAL
3530802.66	7471264.09	3638.86	45	288	Ordovícico	NORMAL
3543910.68	7474814.56	3901.78	15	202	Ordovícico	NORMAL
3543984.49	7474216.23	3908.62	20	103	Ordovícico	NORMAL
3543415.15	7474603.69	3890.99	30	179	Ordovícico	NORMAL
3543233.27	7474427.09	3885.06	30	95	Ordovícico	NORMAL
3542840.53	7474390.19	3887.96	60	278	Ordovícico	NORMAL
3543172.65	7473778.68	3944.2	55	294	Ordovícico	NORMAL
3542553.23	7473507.19	3875.08	65	271	Pirgua	NORMAL
3541588.51	7473301.59	3842.8	50	296	Yacoraite	OVERTURNED
3542026.06	7473810.31	3858.04	85	288	Lecho	OVERTURNED
3541541.07	7474097.61	3798.98	70	274	Mealla	OVERTURNED
3540895.29	7473641.61	3720.86	80	283	Casa Grande	OVERTURNED
3540647.52	7473820.85	3719.13	80	283	Rio Grande	OVERTURNED
3540323.31	7474084.43	3738.59	75	270	Rio Grande	NORMAL
3540515.73	7474661.68	3704.69	30	269		NORMAL
3543051.4	7472758.61	3896.49	85	133	Ordovícico	NORMAL
3542808.9	7472866.68	3888.47	50	243	Ordovícico	NORMAL
3543185.83	7472223.53	3893.53	60	270	Ordovícico	NORMAL
3542134.13	7472692.71	3859	60	271	Lecho	NORMAL
3542350.27	7472313.15	3901.54	65	268	Lecho	NORMAL
3542627.03	7471894.05	3905.04	70	262	Pirgua	NORMAL
3543125.2	7471638.38	3899.83	25	266	Ordovícico	NORMAL
3541106.15	7472502.93	3760.48	70	278	Mealla	OVERTURNED
3540700.23	7472447.58	3757.65	90	282		VERTICAL
3541208.95	7471770.17	3757.98	85	283	Mealla	NORMAL
3541237.94	7471282.54	3788.56	85	281	Mealla	NORMAL
3540054.45	7471751.72	3717	70	279		NORMAL
3544717.25	7475115.05	3940.62	20	148	Ordovícico	NORMAL
3545270.78	7474893.64	3994.04	35	246	Ordovícico	NORMAL
3546103.7	7474864.64	4109.18	20	132	Ordovícico	NORMAL
3546541.25	7474535.16	4057.53	30	119	Ordovícico	NORMAL
3545481.64	7475876.8	4035.68	35	227	Ordovícico	NORMAL
3547165.94	7475481.43	4053.31	20	260	Ordovícico	NORMAL
3547237.11	7474487.72	3985.52	25	259	Ordovícico	NORMAL
3545824.3	7473942.1	3948.24	30	229	Ordovícico	NORMAL
3545020.37	7474137.15	4001	25	127	Ordovícico	NORMAL
3544556.46	7472885.13	3963.57	30	120	Ordovícico	NORMAL
3546841.73	7473375.39	3903.19	25	107	Ordovícico	NORMAL
3547505.97	7473580.99	3909.79	45	232	Ordovícico	NORMAL
3548080.58	7473093.36	3848.1	30	279	Ordovícico	NORMAL

3545310.31	7472539.83	3915.81	70	251	Ordovicico	NORMAL
3544205.9	7472160.27	3995.42	45	129	Ordovicico	NORMAL
3548344.16	7476269.54	4024.47	30	120	Ordovicico	NORMAL
3548663.1	7475468.25	4065.59	45	96	Ordovicico	NORMAL
3549140.19	7475196.76	3988.05	65	291	Ordovicico	NORMAL
3548584.02	7475009.61	4092.81	50	296	Ordovicico	NORMAL
3548238.73	7474176.69	3904.45	60	291	Ordovicico	NORMAL
3548873.97	7474184.6	3997.46	65	292	Ordovicico	NORMAL
3549448.58	7474348.02	3913.3	55	96	Ordovicico	NORMAL
3549730.61	7474282.12	3952.45	55	299	Ordovicico	NORMAL
3549482.84	7474935.81	4014.68	70	290	Ordovicico	NORMAL
3550405.39	7474777.66	4089.25	25	88	Ordovicico	NORMAL
3550331.58	7475755.56	3925.51	20	89	Ordovicico	NORMAL
3550787.58	7475995.42	3935.15	60	292	Ordovicico	NORMAL
3551486.08	7474912.09	3939.99	80	271	Ordovicico	NORMAL
3549316.79	7473459.74	3895.46	35	309	Ordovicico	NORMAL
3549448.58	7473298.95	3860.92	50	114	Ordovicico	NORMAL
3549780.69	7473425.47	3950.1	30	269	Ordovicico	NORMAL
3551820.83	7475257.38	3890.93	85	281	Yacoraite	NORMAL
3547645.67	7476219.46	4096.33	60	300	Ordovicico	NORMAL
3551327.93	7476501.5	3880.65	15	101	Ordovicico	OVERTURNED
3551952.62	7475868.9	3858.83	65	290	Yacoraite	OVERTURNED
3551712.76	7474788.2	3984.97	53	100	Yacoraite	OVERTURNED
3551559.88	7474482.45	4014.73	35	109	Ordovicico	OVERTURNED
3551114.43	7473275.23	3986.57	55	127	Ordovicico	OVERTURNED
3551894.64	7474709.13	3898.37	80	249	Lecho	NORMAL
3552361.18	7475470.88	3872.6	60	91		NORMAL
3553750.26	7475776.64	3878.05	75	105	Ordovicico	NORMAL
3554617.46	7473462.38	3913.46	55	106	Ordovicico	NORMAL
3555545.27	7473778.68	4004.05	80	320	Ordovicico	NORMAL
3556631.23	7473926.28	4123.2	20	247	Gr Meson	NORMAL
3556828.92	7474419.19	4156.32	20	201	Gr Meson	NORMAL
3552577.32	7475246.84	3873.4	50	89		NORMAL
3557021.34	7475581.59	4168.67	59	280	Gr Meson	NORMAL
3556960.71	7475006.98	4156.54	65	285	Gr Meson	NORMAL
3556855.28	7474695.95	4150	65	287	Gr Meson	NORMAL
3555165.71	7473641.61	3972.09	90	139	Ordovicico	VERTICAL
3557277.02	7475057.06	4208.19	42	148	Gr Meson	NORMAL
3557197.94	7474648.5	4208.3	12	144	Gr Meson	NORMAL
3556415.1	7471962.59	4104.6	15	250	Gr Meson	NORMAL
3556317.57	7471633.11	4065.49	10	245	Gr Meson	NORMAL
3556059.26	7472089.11	4052.53	45	237	Gr Meson	NORMAL
3555835.21	7471493.41	4001.45	32	246	Gr Meson	NORMAL

3555587.44	7471438.05	3996.22	55	271	Gr Meson	NORMAL
3556628.6	7472257.8	4107.55	10	270	Gr Meson	NORMAL
3555940.65	7470077.96	4077.86	35	238	Ordovicico	NORMAL
3555418.75	7469722.12	3960.88	35	246	Ordovicico	NORMAL
3555065.55	7469603.51	3899.07	5	264	Ordovicico	NORMAL
3549082.2	7472748.06	3899.85	25	260	Ordovicico	NORMAL
3549443.31	7471195.56	3794.75	10	263	Ordovicico	NORMAL
3549865.04	7470816	3820.18	10	145	Ordovicico	NORMAL
3550357.94	7470855.53	3840.08	55	101	Ordovicico	NORMAL
3548056.86	7471424.87	3793.86	30	270	Ordovicico	NORMAL
3551681.13	7472447.58	3891.32	85	97	Casa Grande	NORMAL
3550199.79	7469553.43	3789.91	45	152	Ordovicico	NORMAL
3548133.3	7470167.58	3858.22	25	258	Pirgua	NORMAL
3550953.64	7471712.18	3842.91	40	120	Ordovicico	NORMAL
3551156.6	7471451.23	3797.44	40	281	Yacoraite	NORMAL
3551425.46	7472798.15	3875.02	60	96	Ordovicico	OVERTURNED
3551193.5	7471725.36	3829.26	65	104		OVERTURNED
3551536.16	7469677.31	3783.28	60	258	Ordovicico	NORMAL
3547943.51	7469542.89	4070.51	15	220	Yacoraite	NORMAL
3550089.09	7473061.73	3993.54	30	89	Ordovicico	NORMAL
3546912.9	7471279.9	3825.83	70	288	Ordovicico	NORMAL
3547563.95	7471011.05	3886.12	50	180	Pirgua	NORMAL
3546920.81	7470879.26	3946.55	35	133	Pirgua	NORMAL
3546675.68	7471593.57	3813.59	38	170	Ordovicico	NORMAL
3546783.75	7470141.22	4037.96	30	148	Lecho	NORMAL
3547635.12	7470019.97	4085.16	15	224	Lecho	NORMAL
3545652.97	7472049.57	3889.71	30	252	Ordovicico	NORMAL
3545800.58	7470939.88	3920.63	65	286	Ordovicico	NORMAL
3546135.33	7470982.05	3845.07	25	121	Ordovicico	NORMAL
3545392.02	7471762.26	3922.67	60	200	Ordovicico	NORMAL
3546454.27	7470652.57	3893.35	35	141	Pirgua	NORMAL
3546290.84	7469872.37	4019.06	60	142	Lecho	NORMAL
3546670.41	7469511.26	3958.58	30	164	Yacoraite	NORMAL
3545663.52	7469737.94	3933.39	30	161	Pirgua	NORMAL
3545041.46	7469608.78	3903.73	30	159	Pirgua	NORMAL
3545315.59	7470149.13	3856.96	46	157		NORMAL
3544994.01	7469964.62	3835.53	36	123		NORMAL
3544891.22	7470736.92	3874.56	60	298	Ordovicico	NORMAL
3544516.93	7470381.08	3859.85	75	321	Ordovicico	NORMAL
3544490.57	7471456.5	3950.53	55	269	Ordovicico	NORMAL
3543799.98	7470789.64	3915.22	20	191	Ordovicico	NORMAL
3543894.87	7470381.08	3910.65	50	130	Ordovicico	NORMAL
3543583.84	7469882.91	3875.07	60	140	Ordovicico	NORMAL



3543183.19	7470810.72	3860.94	30	268	Ordovícico	NORMAL
3543040.86	7470067.42	3874.87	55	129	Ordovícico	NORMAL
3543230.64	7469764.3	3844.45	40	229	Ordovícico	NORMAL
3542909.07	7469682.59	3839.69	45	109	Ordovícico	NORMAL
3542605.94	7469521.8	3849.87	35	226	Ordovícico	NORMAL
3542160.49	7471132.3	3890.32	50	281	Lecho	NORMAL
3542004.97	7471100.67	3887.26	70	292	Yacoraite	NORMAL
3542416.16	7470125.41	3835.42	90	254		VERTICAL
3542308.09	7469961.98	3835.53	90	293	Lecho	VERTICAL
3544327.15	7470937.24	3935.88	90	290	Ordovícico	VERTICAL
3545054.64	7471374.79	3900.65	90	300	Ordovícico	VERTICAL
3544574.91	7469643.05	3824.76	43	175	Pirgúa	NORMAL
3541496.26	7470876.62	3812.06	85	269	Yacoraite	NORMAL
3541678.13	7470128.04	3876.65	80	270	Yacoraite	NORMAL
3539514.11	7469445.36	3693.78	80	259	Rio Grande	NORMAL
3541332.83	7472813.96	3796.07	65	276	Mealla	OVERTURNED
3533359.43	7470744.83	3656.69	80	269	Lecho	NORMAL
3533174.92	7470710.56	3654.58	30	246	Ordovícico	NORMAL
3532231.29	7470742.19	3657.74	20	48	Ordovícico	NORMAL
3532460.61	7470230.84	3677.06	40	77	Ordovícico	NORMAL
3531920.26	7469822.29	3737.97	20	49	Ordovícico	NORMAL
3531487.98	7471058.49	3668.45	10	22	Ordovícico	NORMAL
3529410.94	7470871.35	3629.03	30	147	Ordovícico	NORMAL
3531118.96	7471061.13	3648.99	10	343	Ordovícico	NORMAL
3532318.27	7469110.61	3754.91	40	78	Ordovícico	NORMAL
3532602.94	7469042.08	3730.92	30	62	Ordovícico	NORMAL
3532233.92	7467958.75	3738.32	35	95	Ordovícico	NORMAL
3533343.61	7468404.2	3720.26	65	58	Ordovícico	NORMAL
3533074.76	7468087.9	3730.77	65	56	Ordovícico	NORMAL
3533549.21	7467787.42	3724.41	30	300	Ordovícico	NORMAL
3533786.43	7468080	3702.78	50	68	Ordovícico	NORMAL
3533825.97	7467713.62	3704.82	30	70	Rio Grande	NORMAL
3532716.28	7467850.68	3735.75	30	90	Ordovícico	NORMAL
3532750.55	7467318.24	3755.58	25	91	Ordovícico	NORMAL
3533206.55	7467041.48	3743.7	20	80	Ordovícico	NORMAL
3532774.27	7466598.66	3786.02	35	87	Ordovícico	NORMAL
3532315.64	7466954.49	3816.06	4	101	Ordovícico	NORMAL
3532133.76	7466422.05	3865.96	25	127	Ordovícico	NORMAL
3533812.79	7466050.4	3755.91	35	100	Ordovícico	NORMAL
3533333.07	7466100.48	3770.77	30	339	Ordovícico	NORMAL
3534434.85	7466519.58	3746.25	80	273	Rio Grande	NORMAL
3534658.89	7466271.81	3728.72	80	268	Rio Grande	NORMAL
3531343.01	7465897.52	3963.27	15	68	Ordovícico	NORMAL

3534935.66	7466224.37	3712.91	80	250	Casa Grande	NORMAL
3535262.5	7466256	3703.72	50	270	Casa Grande	NORMAL
3538214.64	7467687.26	3689.89	20	256	Sijes	NORMAL
3538404.42	7467800.6	3680.5	10	82	Sijes	NORMAL
3538443.96	7468372.57	3677.03	70	280	Sijes	NORMAL
3538620.56	7468203.88	3688.26	20	262	Sijes	NORMAL
3538770.8	7468881.29	3694.57	75	290	Sijes	NORMAL
3538863.06	7468820.67	3706.39	80	289	Pisungo	NORMAL
3538986.94	7468812.76	3702.65	80	268	Rio Grande	NORMAL
3539295.33	7468723.14	3711.41	80	274	Rio Grande	NORMAL
3538523.03	7466972.94	3700.34	10	256	Sijes	NORMAL
3538665.37	7467115.28	3690.02	15	253	Sijes	NORMAL
3539092.37	7466759.44	3709.69	10	269	Sijes	NORMAL
3538913.14	7466377.25	3715.38	15	272	Sijes	NORMAL
3540486.73	7468520.18	3719.11	85	271		NORMAL
3539938.48	7469086.89	3704.26	80	271	Rio Grande	NORMAL
3539337.51	7467845.41	3715.13	80	252	Rio Grande	NORMAL
3539350.69	7467386.77	3715.11	70	281	Rio Grande	NORMAL
3539651.17	7466827.97	3741.12	80	272	Rio Grande	NORMAL
3541812.56	7468124.81	3799.13	80	281	Lecho	NORMAL
3540412.93	7466132.11	3733.8	80	122	Yacoraite	NORMAL
3540863.66	7466219.1	3729.14	85	117	Rio Grande	NORMAL
3540940.1	7466013.5	3744.69	85	133	Rio Grande	NORMAL
3541361.83	7466158.47	3713.89	80	299	Rio Grande	NORMAL
3542081.41	7468311.95	3810	53	275	Pirgua	NORMAL
3542084.05	7468852.3	3776.45	52	266	Pirgua	NORMAL
3542416.16	7468812.76	3787.1	40	263	Ordovicico	NORMAL
3542342.36	7468180.16	3815.59	52	161	Pirgua	NORMAL
3542561.14	7467534.38	3875.27	60	141	Lecho	NORMAL
3542901.16	7468688.88	3821.65	47	157	Pirgua	NORMAL
3543388.79	7468427.93	3988.45	45	141	Lecho	NORMAL
3541303.84	7469202.86	3832.33	60	291	Yacoraite	OVERTURNED
3541396.09	7468878.66	3758.25	85	304	Lecho	OVERTURNED
3541013.9	7468509.64	3790.25	55	279	Yacoraite	OVERTURNED
3540700.23	7467120.55	3742.16	60	276	Yacoraite	OVERTURNED
3541027.08	7466996.67	3712.9	80	123	Casa Grande	OVERTURNED
3540078.18	7466142.66	3735	70	89		OVERTURNED
3543372.97	7467397.31	3688.3	65	143	Mealla	NORMAL
3543589.11	7468997.27	3835.39	30	157	Pirgua	NORMAL
3544385.13	7468955.09	3981.8	40	166	Lecho	NORMAL
3544140	7469387.37	3806.64	41	159	Pirgua	NORMAL
3544875.4	7469313.57	3963.64	30	169	Lecho	NORMAL
3545795.31	7469158.05	3968.64	35	178	Lecho	NORMAL

3546111.61	7468854.93	3893.64	65	164	Yacoraite	NORMAL
3546391.01	7468641.43	3795.85	45	196	Yacoraite	NORMAL
3545900.74	7468132.71	3728.73	40	141	Yacoraite	NORMAL
3546451.63	7467355.14	3661.51	25	197	Maiz Gordo	NORMAL
3547197.57	7469184.41	3883.18	30	238	Yacoraite	NORMAL
3547569.23	7468783.77	3845.81	20	207	Yacoraite	NORMAL
3547809.09	7467613.45	3734.35	30	210	Mealla	NORMAL
3548555.03	7468588.71	3985.92	45	256	Lecho	NORMAL
3548120.12	7467945.57	3812.23	30	250	Yacoraite	NORMAL
3549300.97	7469084.25	3795.41	18	248	Ordovicico	NORMAL
3549878.22	7468970.91	3739.34	40	118	Ordovicico	NORMAL
3549954.66	7467768.97	3789.09	80	117	Ordovicico	NORMAL
3549398.5	7467299.79	3826.77	20	258	Ordovicico	NORMAL
3548497.04	7466572.3	3772.64	55	257	Yacoraite	NORMAL
3550371.12	7466698.82	3737.74	70	108	Mealla	NORMAL
3550655.79	7466796.34	3685.56	65	269	Casa Grande	NORMAL
3550695.33	7467447.4	3710.51	40	275	Casa Grande	NORMAL
3550869.29	7467837.5	3728.87	75	272	Casa Grande	NORMAL
3551103.88	7467921.85	3697.07	50	238	Yacoraite	NORMAL
3551285.76	7468393.66	3863.25	60	148	Lecho	NORMAL
3551588.88	7468377.85	3851.62	10	214	Yacoraite	NORMAL
3551715.4	7467758.42	3683.32	48	130	Yacoraite	NORMAL
3552076.51	7468451.65	3807.78	20	193	Lecho	NORMAL
3551248.86	7469279.3	3742.35	15	289	Casa Grande	NORMAL
3550708.51	7469429.55	3800.53	60	117	Lecho	NORMAL
3552116.05	7468949.82	3788.09	25	202	Pirgua	NORMAL
3551823.47	7469200.23	3815.79	20	155	Pirgua	NORMAL
3550958.91	7469419	3736.51	15	133	Casa Grande	OVERTURNED
3550900.92	7467436.85	3771.72	65	297	Mealla	OVERTURNED
3552674.84	7467492.2	3729.02	70	266	Lecho	NORMAL
3552601.04	7466804.25	3683.13	25	269	Yacoraite	NORMAL
3551095.98	7467073.11	3780.26	45	253	Mealla	OVERTURNED
3551480.81	7466706.73	3738.36	54	226	Yacoraite	OVERTURNED
3551288.39	7466664.55	3751.77	65	253	Mealla	NORMAL
3552830.36	7468731.05	3751.58	55	128	Ordovicico	NORMAL
3556162.06	7468311.95	4146.27	25	250	Ordovicico	NORMAL
3554630.63	7466487.95	3855.67	10	59	Lecho	NORMAL
3553882.06	7466451.05	3813.72	15	243	Lecho	NORMAL
3553441.87	7466406.24	3826.24	10	256	Yacoraite	NORMAL
3556502.08	7464539.19	4069.06	30	79	Ordovicico	NORMAL
3556115.49	7463906.59	4056.14	15	87	Ordovicico	NORMAL
3556133.06	7462894.43	4093.64	20	79	Ordovicico	NORMAL
3556614.54	7461987.7	3920.79	20	68	Ordovicico	NORMAL

3555915.9	7464517.97	4046.51	10	103	Gr Meson	NORMAL
3555348.52	7464573.95	3961.62	10	56	Yacoraite	NORMAL
3555017.75	7464594.3	3873.09	10	43	Lecho	NORMAL
3554643.74	7464276.26	3793.81	5	66	Lecho	NORMAL
3554020.38	7464423.83	3734.74	15	269	Lecho	NORMAL
3553488.62	7464820.75	3804.77	10	281	Yacoraite	NORMAL
3553536.96	7464108.34	3750.92	25	271	Yacoraite	NORMAL
3555157.69	7463154.22	3971.72	10	203	Yacoraite	NORMAL
3555534.25	7463009.19	3987.32	30	105	Yacoraite	NORMAL
3554569.96	7462927.78	3869.36	10	140	Lecho	NORMAL
3553827.02	7463222.92	3752.37	40	260	Yacoraite	NORMAL
3553610.75	7463060.08	3698.24	30	263	Yacoraite	NORMAL
3553391.94	7462795.47	3665.53	30	262	Mealla	NORMAL
3553992.4	7462708.97	3829.42	35	270	Yacoraite	NORMAL
3553837.19	7462525.77	3773.21	30	274	Yacoraite	NORMAL
3553346.14	7462205.19	3658.57	30	267	Mealla	NORMAL
3555557.15	7463624.92	3948.27	40	91	Yacoraite	NORMAL
3548980.09	7465286.36	3747.3	60	225	Yacoraite	NORMAL
3549527.12	7465199.85	3742.18	60	138	Yacoraite	NORMAL
3550817.09	7465253.28	3663.52	63	273	Casa Grande	NORMAL
3551239.45	7465207.48	3634.61	62	273	Casa Grande	NORMAL
3550946.85	7464561.23	3651.82	75	303	Casa Grande	NORMAL
3551160.57	7464413.66	3635.55	70	300	Casa Grande	NORMAL
3551206.37	7464169.4	3620.96	60	299	Casa Grande	NORMAL
3551063.89	7463713.97	3636.29	70	308	Casa Grande	NORMAL
3550923.95	7464001.48	3641.7	80	310	Casa Grande	NORMAL
3550817.09	7464151.59	3635.58	70	308	Casa Grande	NORMAL
3550646.62	7464421.29	3686.98	65	305	Rio Grande	NORMAL
3550341.3	7464530.7	3691.43	80	271	Casa Grande	NORMAL
3550236.99	7464833.47	3651.35	70	303	Casa Grande	NORMAL
3549585.64	7463780.12	3624.52	85	111	Casa Grande	NORMAL
3549058.97	7463510.42	3632.13	75	131	Casa Grande	NORMAL
3548947.02	7463271.26	3635.84	85	128	Casa Grande	NORMAL
3549827.35	7463179.66	3626.37	60	307	Rio Grande	NORMAL
3549870.6	7463042.27	3623.32	85	307	Casa Grande	NORMAL
3549814.63	7462838.73	3632.75	75	298	Casa Grande	NORMAL
3550226.81	7462736.95	3615.3	85	299	Casa Grande	NORMAL
3550285.33	7462327.32	3611.77	65	317	Rio Grande	NORMAL
3551888.25	7464128.69	3645.87	35	248	Lumbreras	NORMAL
3553005.2	7464263.54	3701.2	30	270	Mealla	NORMAL
3549458.43	7462597.02	3629.43	80	299	Rio Grande	NORMAL
3549193.82	7462355.31	3637.94	70	301	Rio Grande	NORMAL
3550338.76	7462210.28	3612.14	70	334	Casa Grande	NORMAL



3550638.99	7462133.95	3599.62	75	333		NORMAL
3550730.58	7462090.7	3596	80	312	Casa Grande	NORMAL
3551613.46	7462202.65	3613.97	25	238	Casa Grande	NORMAL
3551249.62	7463113.51	3617.22	67	319	Casa Grande	NORMAL
3552432.73	7462945.59	3664.04	35	244	Casa Grande	NORMAL
3552717.69	7463337.41	3676.93	40	241	Maiz Gordo	NORMAL
3548618.8	7462029.63	3664.21	72	120	Rio Grande	NORMAL
3549702.68	7462383.29	3629.86	75	297	Casa Grande	NORMAL
3549967.29	7462426.55	3621.79	85	303	Rio Grande	NORMAL
3552900.88	7462403.65	3645.98	30	253	Lumbreras	NORMAL
3547822.43	7466377.87	3647.12	25	237	Lumbreras	NORMAL
3548354.19	7465138.79	3638.48	55	282	Lumbreras	NORMAL
3548463.6	7464563.77	3645.29	60	265	Lumbreras	NORMAL
3548031.07	7464627.38	3646.28	58	267	Casa Grande	NORMAL
3548809.63	7464533.24	3631.11	65	189	Maiz Gordo	NORMAL
3548349.1	7463261.08	3646.4	70	123	Lumbreras	NORMAL
3548290.59	7463337.41	3651.32	60	268	Lumbreras	NORMAL
3547837.7	7463261.08	3654.42	80	278	Casa Grande	NORMAL
3552323.32	7465487.36	3744.55	10	282		NORMAL
3551926.41	7464596.85	3661.73	90	251	Lumbreras	VERTICAL
3550168.29	7465858.83	3747.49	74	120	Yacoraite	OVERTURNED
3546547.73	7465095.53	3685.14	13	205	Rio Grande	NORMAL
3546092.3	7464258.45	3704.33	20	244	Rio Grande	NORMAL
3546692.76	7464304.25	3666.77	20	278	Rio Grande	NORMAL
3547458.59	7464535.78	3663.62	35	248	Rio Grande	NORMAL
3547641.78	7464607.02	3665.49	50	266	Casa Grande	NORMAL
3547537.47	7463248.36	3661.54	80	286	Rio Grande	NORMAL
3547305.94	7463131.32	3687.46	75	269	Rio Grande	NORMAL
3541235.2	7465423.75	3727.29	80	258	Rio Grande	NORMAL
3541665.19	7465510.26	3714.34	75	141	Rio Grande	NORMAL
3541588.86	7464619.75	3729.81	85	134	Rio Grande	NORMAL
3541848.38	7464406.02	3737.6	70	140	Rio Grande	NORMAL
3542153.7	7464189.76	3758.7	75	144	Rio Grande	NORMAL
3541324.25	7463166.94	3764.3	70	136	Rio Grande	NORMAL
3540761.96	7463881.89	3753.25	85	130	Rio Grande	NORMAL
3539354.95	7465652.74	3726.23	85	99	Rio Grande	NORMAL
3540672.91	7465118.43	3747.8	80	134	Rio Grande	OVERTURNED
3540431.2	7465136.24	3744.56	85	127	Rio Grande	OVERTURNED
3540303.98	7465220.2	3742.36	80	120		OVERTURNED
3540133.51	7464227.92	3753.95	75	123		OVERTURNED
3540260.73	7463808.11	3768.18	85	127	Rio Grande	OVERTURNED
3540011.38	7463525.69	3773.25	85	131	Rio Grande	OVERTURNED
3539250.63	7464133.78	3764.32	85	271	Rio Grande	NORMAL

3539390.57	7464217.74	3752.08	85	298	Lumbreras	NORMAL
3540594.03	7463141.5	3782.89	85	139	Rio Grande	NORMAL
3541021.48	7463546.05	3762.78	75	141	Rio Grande	NORMAL
3538596.74	7463355.22	3788.34	80	268	Rio Grande	NORMAL
3532037.5	7465612.03	3895.64	20	80	Ordovícico	NORMAL
3531711.83	7465698.54	3902.59	20	271	Ordovícico	NORMAL
3533518.29	7465393.22	3769.24	20	81	Ordovícico	NORMAL
3535111.03	7465545.88	3712.48	70	244	Casa Grande	NORMAL
3534805.71	7464207.57	3731.34	85	271	Casa Grande	NORMAL
3534752.28	7463337.41	3742.14	80	273	Casa Grande	NORMAL
3533169.72	7462805.65	3858.77	20	120	Ordovícico	NORMAL
3532894.93	7462935.41	3891.63	10	59	Ordovícico	NORMAL
3532398.79	7463604.56	3975.74	30	74	Ordovícico	NORMAL
3533123.92	7464169.4	3876.49	10	9	Ordovícico	NORMAL
3532706.65	7463876.81	3940.89	25	41	Ordovícico	NORMAL
3533212.97	7463484.98	3879.04	30	296	Ordovícico	NORMAL
3531785.61	7463820.83	3960.1	40	67	Ordovícico	NORMAL
3532330.1	7464304.25	3859.32	30	80	Ordovícico	NORMAL
3531823.78	7464337.33	3894.7	30	57	Ordovícico	NORMAL
3532729.55	7464434.01	3843.72	30	280	Ordovícico	NORMAL
3534139.1	7464978.49	3768.21	85	274	Pisungo	NORMAL
3534907.49	7465449.19	3717.56	80	271	Casa Grande	NORMAL
3533009.43	7465169.32	3817.3	40	345	Ordovícico	NORMAL
3533477.58	7463836.1	3831.77	50	92	Rio Grande	OVERTURNED
3533637.87	7463813.2	3833.32	70	90	Rio Grande	OVERTURNED
3534363	7463411.2	3784	35	269	Rio Grande	NORMAL
3534408.8	7464360.23	3771.15	90	88	Rio Grande	VERTICAL
3532526.01	7462701.33	3924.43	30	62	Ordovícico	NORMAL
3531571.89	7462780.21	3948.53	10	250	Ordovícico	NORMAL
3533503.02	7462693.7	3823.34	80	91	Ordovícico	OVERTURNED
3534813.35	7463769.94	3738.71	90	100	Casa Grande	VERTICAL
3533790.53	7462680.98	3822.16	90	86	Rio Grande	VERTICAL
3534413.89	7462650.45	3775.04	65	269	Rio Grande	NORMAL
3531872.12	7465044.65	3837.02	40	84	Ordovícico	NORMAL
3531121.55	7465016.66	4000.35	10	88	Ordovícico	NORMAL
3530610.14	7464624.83	3981.39	25	63	Ordovícico	NORMAL
3531360.71	7464052.36	3878.15	35	58	Ordovícico	NORMAL
3531073.2	7464380.58	3970.41	30	72	Ordovícico	NORMAL
3530607.59	7463655.45	4056.21	20	72	Ordovícico	NORMAL
3530991.79	7463126.23	3984.31	36	57	Ordovícico	NORMAL
3531264.03	7462749.67	3941.82	30	279	Ordovícico	NORMAL
3532294.48	7462273.89	3916.82	10	3	Ordovícico	NORMAL
3532729.55	7462276.43	3866.2	25	57	Ordovícico	NORMAL

3532665.95	7461805.73	3885.02	30	58	Ordovicico	NORMAL
3532464.94	7461169.65	3882.6	70	310	Ordovicico	NORMAL
3533042.5	7461235.81	3858.76	50	328	Ordovicico	NORMAL
3532762.63	7460940.67	3852.68	25	331	Ordovicico	NORMAL
3532688.84	7460551.39	3872.85	50	305	Ordovicico	NORMAL
3531828.87	7460663.34	3921.95	20	268	Ordovicico	NORMAL
3532327.55	7460302.04	3894.66	45	306	Ordovicico	NORMAL
3532678.67	7460027.26	3914.47	45	291	Ordovicico	NORMAL
3532877.12	7460065.42	3865.62	85	91	Ordovicico	NORMAL
3532398.79	7459566.74	3963.4	75	297	Ordovicico	NORMAL
3532289.39	7459149.47	3944.18	80	289	Ordovicico	NORMAL
3532922.92	7459401.36	3896.99	45	49	Ordovicico	NORMAL
3532727.01	7458935.75	3950.86	80	307	Ordovicico	NORMAL
3533495.39	7462413.82	3845.02	35	134	Rio Grande	NORMAL
3534490.22	7460912.68	3809.88	30	242	Pisungo	NORMAL
3534948.2	7461429.17	3817.98	83	263	Casa Grande	NORMAL
3535116.12	7460327.49	3810.13	80	254		NORMAL
3535027.07	7462441.81	3793.09	80	253		OVERTURNED
3535622.44	7459823.71	3907.03	65	267		NORMAL
3538171.84	7460594.64	3868.52	85	270	Rio Grande	NORMAL
3537963.21	7462474.89	3871.9	70	292	Pisungo	NORMAL
3538708.69	7460681.15	3817.32	80	280	Rio Grande	NORMAL
3539039.45	7460620.08	3827.02	80	102	Rio Grande	NORMAL
3536589.28	7462396.01	3905.81	60	308	Pisungo	NORMAL
3538813.01	7460246.07	3826.36	70	345	Maiz Gordo	NORMAL
3538942.77	7460139.21	3823.68	60	63	Maiz Gordo	NORMAL
3538474.62	7462205.19	3837.73	80	271		OVERTURNED
3538947.86	7462156.85	3793.76	80	268	Rio Grande	OVERTURNED
3539428.74	7461393.55	3817.21	80	94	Rio Grande	OVERTURNED
3539734.05	7461123.86	3808.91	80	90	Rio Grande	OVERTURNED
3539265.9	7461093.33	3814.56	70	106	Rio Grande	OVERTURNED
3539207.38	7460090.86	3830.79	70	293	Rio Grande	NORMAL
3539001.29	7459739.75	3836.94	50	325	Yacoraite	NORMAL
3538810.47	7459505.67	3848.01	60	275	Yacoraite	NORMAL
3540049.55	7461523.31	3807.32	80	120	Rio Grande	OVERTURNED
3540443.92	7461627.63	3799.48	60	126		OVERTURNED
3541487.09	7462754.76	3765.89	80	151	Rio Grande	NORMAL
3541568.5	7462487.61	3750.48	80	150	Pisungo	NORMAL
3540848.46	7461737.04	3783.61	75	133	Pisungo	NORMAL
3541062.19	7461566.57	3778.03	65	146	Pisungo	NORMAL
3541278.45	7461307.05	3794.47	75	140	Pisungo	NORMAL
3544914.28	7462497.79	3706.41	40	221	Rio Grande	NORMAL
3544738.72	7461917.68	3722.93	30	226	Rio Grande	NORMAL

3546909.02	7462523.23	3731.49	75	270	Rio Grande	NORMAL
3547644.33	7462731.86	3668	40	276	Casa Grande	NORMAL
3546361.99	7460978.83	3749.99	70	268	Rio Grande	NORMAL
3545837.87	7460678.6	3752.21	80	290	Rio Grande	NORMAL
3547135.47	7461190.01	3692.83	65	268	Rio Grande	NORMAL
3547107.48	7461731.95	3685.11	65	276	Rio Grande	NORMAL
3547786.81	7462065.25	3666.41	35	272	Casa Grande	NORMAL
3547931.84	7462100.87	3660.78	70	296	Lumbreras	NORMAL
3548066.69	7462121.23	3661.03	80	113	Casa Grande	NORMAL
3548318.57	7462187.38	3658.36	30	129	Casa Grande	NORMAL
3547728.29	7461190.01	3670.26	80	271	Casa Grande	NORMAL
3547598.53	7460833.81	3685.03	80	269	Casa Grande	NORMAL
3547196.53	7460447.07	3697.91	70	271	Rio Grande	NORMAL
3546870.86	7460006.9	3718.88	75	275	Rio Grande	NORMAL
3547975.09	7461220.54	3660.56	80	98	Rio Grande	NORMAL
3548201.53	7460989.01	3669.83	80	107	Rio Grande	NORMAL
3548478.86	7461314.68	3651.5	70	118	Rio Grande	NORMAL
3548059.05	7460131.57	3686.68	85	93	Rio Grande	NORMAL
3548341.47	7460230.8	3670.54	70	275	Rio Grande	NORMAL
3548720.57	7459706.67	3653.88	85	278	Casa Grande	NORMAL
3548753.65	7461345.21	3646.39	80	289	Rio Grande	NORMAL
3549870.6	7461528.4	3637.36	66	304		NORMAL
3550097.05	7461477.52	3624.37	85	320		NORMAL
3550244.62	7460604.82	3642.41	45	111	Casa Grande	NORMAL
3550392.19	7459915.31	3622.53	10	95	Casa Grande	NORMAL
3550186.1	7459844.07	3624.67	50	93	Casa Grande	NORMAL
3549654.34	7459785.55	3637.59	80	94	Casa Grande	OVERTURNED
3550730.58	7459785.55	3625.32	5	89	Casa Grande	NORMAL
3551687.25	7459757.56	3610.08	20	264	Rio Grande	NORMAL
3551974.75	7459711.76	3617.5	20	264	Rio Grande	NORMAL
3553974.59	7461640.35	3763.07	40	269	Yacoraite	NORMAL
3553928.79	7460922.86	3737.1	55	269	Yacoraite	NORMAL
3553748.14	7460419.08	3610.9	45	270	Yacoraite	NORMAL
3554284.99	7460294.41	3656.99	10	230	Yacoraite	NORMAL
3554648.83	7460352.93	3637.84	20	130	Yacoraite	NORMAL
3555025.39	7460548.84	3663.66	40	110	Yacoraite	NORMAL
3554898.17	7460785.46	3710.5	25	119	Yacoraite	NORMAL
3556050.75	7461385.92	3792.94	28	307	Ordovicico	NORMAL
3556218.67	7461223.09	3726.46	45	106	Ordovicico	NORMAL
3556816.59	7461368.11	3612.02	45	91	Ordovicico	NORMAL
3556783.51	7460767.65	3597.4	45	108	Ordovicico	NORMAL
3556773.33	7459905.13	3737.11	50	84	Ordovicico	NORMAL
3556587.6	7460121.4	3669.18	30	79	Ordovicico	NORMAL



3556386.6	7460978.83	3591.43	55	72	Gr Meson	NORMAL
3556343.34	7460581.92	3570.09	35	140	Gr Meson	NORMAL
3556300.09	7460347.84	3607.52	80	140	Gr Meson	NORMAL
3555824.3	7460309.68	3575.21	50	251	Mealla	NORMAL
3554971.96	7459854.24	3567.59	30	133	Mealla	NORMAL
3554753.15	7459984	3563	30	125	Yacoraite	NORMAL
3556088.91	7459732.12	3714.67	80	267	Yacoraite	NORMAL
3556203.41	7459833.89	3675.25	80	268	Lecho	NORMAL
3555608.04	7460335.12	3552.69	30	134	Mealla	NORMAL
3556045.66	7460350.39	3577.95	75	271	Yacoraite	NORMAL
3556043.11	7460693.87	3560.92	80	272	Yacoraite	NORMAL
3555307.81	7459788.09	3619.48	20	132	Lumbreras	NORMAL
3556635.94	7459034.97	3957.76	10	109	Ordovicico	NORMAL
3556409.5	7459029.89	3866.9	40	320	Ordovicico	NORMAL
3556752.98	7458597.35	4092.32	15	98	Ordovicico	NORMAL
3557254.21	7458442.15	4072.31	50	83	Ordovicico	NORMAL
3557389.06	7458091.03	4009	30	76	Ordovicico	NORMAL
3556862.38	7457958.73	4175.02	40	99	Ordovicico	NORMAL
3557310.18	7457508.39	4148.06	40	69	Ordovicico	NORMAL
3556839.48	7457538.92	4118.91	20	123	Ordovicico	NORMAL
3556549.43	7457582.17	4001.35	50	280	Ordovicico	NORMAL
3556246.66	7457671.22	3955.12	20	279	Ordovicico	NORMAL
3557157.52	7456882.48	4188.98	35	96	Ordovicico	NORMAL
3556898	7456597.52	4207.37	25	124	Ordovicico	NORMAL
3556073.65	7456320.19	3888.97	70	131	Ordovicico	NORMAL
3555745.43	7456282.03	3836.05	80	268	Lecho	NORMAL
3554440.2	7456493.2	4049.04	12	256	Lecho	NORMAL
3555272.19	7456790.89	3687.97	20	318	Lecho	NORMAL
3555508.81	7456981.71	3715.14	20	304	Lecho	NORMAL
3555282.36	7457040.23	3669.06	15	169	Lecho	NORMAL
3555368.87	7457276.85	3716.36	20	338	Lecho	NORMAL
3554427.47	7458487.95	3626.52	40	125	Maiz Gordo	NORMAL
3554516.52	7459253.79	3690.76	40	117	Mealla	NORMAL
3555073.73	7456167.53	3810.31	30	272	Lecho	NORMAL
3554058.55	7457984.17	3703.64	40	155	Lumbreras	NORMAL
3553676.9	7459047.7	3610.56	45	284	Mealla	NORMAL
3556976.88	7456116.64	4183.44	30	88	Ordovicico	NORMAL
3555994.77	7458113.93	3873.15	70	294	Yacoraite	OVERTURNED
3555854.83	7457561.82	3801.08	50	2	Yacoraite	OVERTURNED
3555376.5	7457739.92	3744.05	60	330	Yacoraite	OVERTURNED
3554821.84	7457920.56	3649.11	50	347	Maiz Gordo	OVERTURNED
3554615.75	7458009.62	3634.27	60	351	Lumbreras	OVERTURNED
3555747.97	7457315.02	3752.19	70	261	Lecho	NORMAL

3556302.63	7458767.82	3868.51	75	273	Lecho	NORMAL
3556386.6	7458521.02	3966.44	50	274	Lecho	NORMAL
3556389.14	7457378.62	3959.58	10	285	Ordovicico	NORMAL
3556185.6	7457080.94	3843.46	55	291	Ordovicico	NORMAL
3556144.89	7457447.32	3855.77	65	286	Ordovicico	NORMAL
3556025.3	7457495.66	3836.36	85	99	Lecho	NORMAL
3556422.22	7457114.02	3912.17	20	120	Ordovicico	NORMAL
3554346.06	7455928.37	4139.94	15	274	Yacoraite	NORMAL
3555300.17	7455383.88	3853.39	35	277	Lecho	NORMAL
3555043.2	7455114.18	3881.6	30	291	Lecho	NORMAL
3555974.42	7454742.71	3854.76	50	268	Lecho	NORMAL
3556259.38	7455299.92	3957.33	30	245		NORMAL
3556498.55	7455628.14	4074.92	20	100	Ordovicico	NORMAL
3557633.31	7455187.97	3951.07	30	91	Ordovicico	NORMAL
3556646.12	7454770.7	3754.48	60	269		NORMAL
3556373.87	7454740.17	3810.74	65	259		NORMAL
3556157.61	7453671.56	3823.33	60	263		NORMAL
3557534.08	7453389.14	3715.94	55	297		NORMAL
3556338.25	7453035.48	3666.24	80	312		NORMAL
3555427.39	7453104.18	3870.49	60	262	Lecho	NORMAL
3555763.24	7452623.3	3949.57	60	261		NORMAL
3555053.38	7452745.43	4066.75	60	306	Yacoraite	NORMAL
3554847.29	7453541.8	4040.73	60	287	Mealla	NORMAL
3554422.38	7454819.04	4174.12	15	255	Lecho	NORMAL
3554190.85	7454783.42	4250.59	15	266	Yacoraite	NORMAL
3554407.12	7454366.16	4184.38	35	224	Yacoraite	NORMAL
3554938.88	7454213.5	3981.1	70	165	Yacoraite	OVERTURNED
3558014.96	7450921.15	3583.17	40	91	Gr Meson	NORMAL
3556378.96	7451806.57	3931.83	73	306		NORMAL
3555763.24	7451824.38	3938.19	45	252		NORMAL
3556142.34	7450972.04	3978.92	75	282		NORMAL
3555936.25	7450862.63	3962.73	65	292		NORMAL
3555379.05	7452038.11	3984.43	15	268	Lecho	NORMAL
3556376.42	7450440.28	3913.28	50	101	Ordovicico	NORMAL
3555396.86	7450969.49	4150.95	65	267	Lecho	NORMAL
3555058.46	7450811.75	4154.26	75	255	Yacoraite	NORMAL
3554590.31	7451854.92	3960.38	60	257	Mealla	NORMAL
3554081.45	7451742.97	3895.08	50	261	Lumbreras	NORMAL
3554351.14	7451188.31	3889.88	65	257	Maiz Gordo	NORMAL
3554005.12	7451022.93	3846.3	65	91	Lumbreras	NORMAL
3553791.39	7451549.6	3854.46	40	261	Casa Grande	NORMAL
3553486.08	7450748.14	3826.91	45	271	Casa Grande	NORMAL
3554096.71	7450203.66	3871	70	272	Lumbreras	NORMAL

3553641.28	7450114.6	3814.85	30	273	Casa Grande	NORMAL
3553491.17	7449661.72	3806.78	30	294	Casa Grande	NORMAL
3553101.89	7449346.22	3795.82	20	313	Casa Grande	NORMAL
3552911.06	7448844.99	3828.54	50	338	Casa Grande	NORMAL
3553307.97	7448786.47	3815.64	70	347	Lumbreras	NORMAL
3554167.95	7449198.65	3878.78	60	290	Lumbreras	NORMAL
3554842.2	7449096.88	3947.87	60	290		NORMAL
3555501.17	7449509.06	4218.19	50	257	Lecho	NORMAL
3555819.21	7449704.97	4275.13	50	266		NORMAL
3556261.92	7449063.8	4054.93	60	321	Ordovicico	NORMAL
3555574.96	7448951.85	4155.46	70	263	Yacoraite	NORMAL
3554539.42	7449076.52	3884.15	65	272	Maiz Gordo	NORMAL
3555089	7449290.25	4098.22	70	229	Mealla	OVERTURNED
3552732.96	7449842.36	3805.15	45	310	Casa Grande	NORMAL
3553155.32	7451829.47	3794.3	25	116	Casa Grande	NORMAL
3552776.21	7451992.31	3779.03	20	160	Casa Grande	NORMAL
3552809.29	7452274.73	3783.12	35	150	Casa Grande	NORMAL
3553066.26	7452068.64	3787.92	25	161	Casa Grande	NORMAL
3552702.43	7450216.38	3806.44	20	220	Casa Grande	NORMAL
3551939.13	7450483.53	3793.66	20	188	Casa Grande	NORMAL
3551829.73	7451521.61	3785.44	20	181	Casa Grande	NORMAL
3552058.72	7451882.9	3775.34	30	178	Casa Grande	NORMAL
3552020.55	7452020.3	3769.01	2	141	Casa Grande	NORMAL
3552145.22	7452267.1	3766.67	8	229	Casa Grande	NORMAL
3549954.57	7451620.84	3736.83	55	136	Rio Grande	NORMAL
3551562.57	7452506.26	3756.39	25	225	Casa Grande	NORMAL
3552432.73	7452676.73	3782.87	20	248	Lumbreras	NORMAL
3552488.71	7452966.78	3792.58	30	253	Maiz Gordo	NORMAL
3551939.13	7453653.75	3875.25	10	218	Mealla	NORMAL
3551053.71	7453564.7	3790.29	57	183	Mealla	NORMAL
3551476.07	7453259.38	3762.1	20	180	Maiz Gordo	NORMAL
3553096.8	7453475.65	3875.22	15	149	Mealla	NORMAL
3553318.15	7453188.14	3829.73	15	151	Maiz Gordo	NORMAL
3553872.81	7453457.84	3893.28	30	139	Lumbreras	NORMAL
3553384.3	7452531.7	3798.03	30	107	Casa Grande	NORMAL
3549819.72	7453259.38	3771.49	55	288	Yacoraite	NORMAL
3549934.21	7453282.28	3794.47	35	89	Yacoraite	NORMAL
3550056.34	7452803.95	3806.21	15	250	Yacoraite	NORMAL
3549939.3	7452226.39	3789.55	60	283	Yacoraite	NORMAL
3549720.49	7451730.25	3748.21	55	299	Mealla	NORMAL
3549529.67	7453241.57	3780.63	55	273	Mealla	NORMAL
3549547.48	7452605.49	3760.43	30	268	Mealla	NORMAL
3550259.89	7452399.4	3864.86	65	139	Yacoraite	OVERTURNED

3550407.46	7452262.01	3849.13	70	141	Mealla	OVERTURNED
3549234.53	7452345.97	3751.95	27	260	Maiz Gordo	NORMAL
3549483.87	7451806.57	3732.67	55	297	Mealla	NORMAL
3549221.8	7451180.67	3725.98	65	249	Maiz Gordo	NORMAL
3549293.05	7450839.73	3719.7	75	250	Lumbreras	NORMAL
3549985.1	7450694.71	3739.64	70	128	Casa Grande	NORMAL
3546234.78	7452206.03	3755.23	60	321	Lumbreras	NORMAL
3546092.3	7452317.98	3756.13	85	319	Casa Grande	NORMAL
3545937.09	7452376.5	3771.4	85	315	Casa Grande	NORMAL
3545934.55	7451997.4	3745.52	70	334	Lumbreras	NORMAL
3553193.48	7459187.63	3596.02	45	267	Maiz Gordo	NORMAL
3552903.43	7459164.73	3597.93	50	284	Lumbreras	NORMAL
3552366.58	7458686.4	3619.67	70	325	Casa Grande	NORMAL
3552951.77	7458317.48	3704.62	85	310	Lumbreras	NORMAL
3553252	7457996.89	3712.77	25	136	Mealla	NORMAL
3553310.52	7457607.61	3818.19	50	349	Yacoraite	NORMAL
3552015.46	7457475.31	3766.27	40	332	Yacoraite	NORMAL
3551928.96	7457928.2	3686.29	70	319	Casa Grande	NORMAL
3551789.02	7458447.24	3649.33	80	302	Casa Grande	NORMAL
3551671.98	7459195.27	3627.47	20	297	Rio Grande	NORMAL
3551478.61	7458531.2	3653.33	80	312	Rio Grande	NORMAL
3551130.04	7458345.46	3664.42	70	315	Rio Grande	NORMAL
3551297.97	7458617.71	3645.76	75	311	Rio Grande	NORMAL
3551051.17	7458694.04	3641.95	20	91	Rio Grande	NORMAL
3552160.49	7457103.84	3901.12	20	142	Yacoraite	NORMAL
3551727.96	7456984.26	3810.86	50	280	Yacoraite	NORMAL
3551376.84	7457345.55	3724.86	80	303	Mealla	NORMAL
3551269.98	7458093.58	3707.58	80	319	Casa Grande	OVERTURNED
3550697.51	7458111.39	3637.04	60	113	Rio Grande	NORMAL
3550817.09	7457963.82	3648.06	45	314	Rio Grande	NORMAL
3550511.77	7457182.71	3664.65	75	313	Casa Grande	NORMAL
3550682.24	7456956.27	3691.89	80	312	Casa Grande	NORMAL
3550399.82	7459335.2	3635.5	15	110	Casa Grande	NORMAL
3549862.97	7459093.49	3632.88	85	94	Casa Grande	NORMAL
3549972.38	7458454.87	3637.78	80	91	Casa Grande	NORMAL
3548952.11	7459299.58	3647.04	85	266	Casa Grande	NORMAL
3549295.59	7458582.09	3663.37	55	249	Casa Grande	NORMAL
3548102.31	7458149.55	3681.38	85	269	Rio Grande	NORMAL
3548282.95	7458755.1	3672.68	85	288	Rio Grande	NORMAL
3548122.66	7459523.48	3670.81	85	282	Rio Grande	NORMAL
3548191.36	7459172.37	3690.02	85	282	Rio Grande	NORMAL
3547952.19	7458869.59	3678.24	60	262	Casa Grande	NORMAL
3547720.66	7459365.74	3680.15	70	250	Casa Grande	NORMAL



3547420.43	7458966.28	3707.48	75	265	Rio Grande	NORMAL
3547667.23	7458536.29	3701.65	70	261	Casa Grande	NORMAL
3547275.4	7458818.71	3706.33	65	264	Rio Grande	NORMAL
3546784.35	7458704.21	3734.83	64	264	Rio Grande	NORMAL
3547443.33	7458292.03	3759.96	70	266	Rio Grande	NORMAL
3547529.83	7457762.82	3736.93	70	267	Rio Grande	NORMAL
3547784.27	7457599.98	3693.31	65	263	Casa Grande	NORMAL
3547618.89	7457304.84	3781.13	60	268	Rio Grande	NORMAL
3547255.05	7456846.86	3752.72	65	273	Rio Grande	NORMAL
3547494.21	7456704.38	3786.12	60	271	Rio Grande	NORMAL
3546540.1	7458045.24	3753.67	70	269	Rio Grande	NORMAL
3546570.63	7457460.04	3746.38	65	269	Rio Grande	NORMAL
3546224.6	7458518.48	3782.69	70	272	Rio Grande	NORMAL
3546064.31	7458986.63	3790.62	75	269	Rio Grande	NORMAL
3545524.91	7458439.6	3849.84	70	264	Pisungo	NORMAL
3545832.78	7457915.48	3810.88	30	273	Rio Grande	NORMAL
3548486.5	7457167.45	3672.2	80	281	Casa Grande	NORMAL
3548791.82	7458175	3685.18	65	269	Casa Grande	NORMAL
3549234.53	7459536.2	3642.24	80	269	Lumbreras	OVERTURNED
3549567.83	7459182.54	3638.12	40	75	Casa Grande	OVERTURNED
3549593.27	7458755.1	3669.19	55	75	Casa Grande	OVERTURNED
3549682.33	7458330.2	3637.76	85	78	Casa Grande	OVERTURNED
3548784.18	7458459.96	3670.62	85	275	Casa Grande	OVERTURNED
3548697.68	7457834.06	3696.15	80	269	Casa Grande	NORMAL
3549394.82	7457343	3671.12	36	254		NORMAL
3549305.77	7457180.17	3657.81	75	244	Casa Grande	NORMAL
3548972.46	7457213.24	3670.57	70	254	Casa Grande	NORMAL
3549491.5	7456409.24	3662.54	83	288	Casa Grande	NORMAL
3549265.06	7456526.28	3664.02	35	317	Casa Grande	NORMAL
3549753.57	7456719.65	3653.96	25	141	Casa Grande	NORMAL
3548048.88	7456340.54	3714.45	80	286	Rio Grande	NORMAL
3547639.24	7456350.72	3761.92	50	269	Rio Grande	NORMAL
3548153.19	7457175.08	3683.4	85	288	Rio Grande	OVERTURNED
3547947.1	7457078.4	3704.71	80	288	Rio Grande	OVERTURNED
3549435.53	7458915.39	3643.86	70	281	Lumbreras	NORMAL
3543275.74	7459241.06	3763.85	30	269		NORMAL
3543606.5	7459215.62	3776.45	10	262		NORMAL
3545412.96	7457739.92	3868.86	70	269	Pisungo	NORMAL
3545479.12	7457533.83	3866.19	70	273	Pisungo	NORMAL
3545440.95	7456892.66	3843.71	55	278	Pisungo	NORMAL
3544787.06	7456879.94	3905.47	55	278	Pisungo	NORMAL
3545532.55	7456182.8	3841.17	50	268	Rio Grande	NORMAL
3542749.07	7456353.27	3850.54	20	318		NORMAL

3542487	7456083.57	3847.87	20	314		NORMAL
3545346.81	7458205.53	3864.98	75	266	Pisungo	NORMAL
3539131.05	7458678.77	3806.31	30	248	Pirgua	NORMAL
3538739.23	7458421.79	3842.58	30	259	Lecho	NORMAL
3538996.2	7457465.13	3834.15	20	242	Lecho	NORMAL
3539370.22	7457124.19	3865.35	20	261	Lecho	NORMAL
3538970.76	7456913.02	3872.37	25	245	Yacoraite	NORMAL
3539187.03	7456559.36	3925.7	20	273	Yacoraite	NORMAL
3538614.55	7456650.95	3846.04	80	271	Mealla	NORMAL
3538105.69	7457472.76	3844.57	70	263	Rio Grande	NORMAL
3538657.81	7457673.77	3856.72	80	268	Yacoraite	NORMAL
3538889.34	7457859.5	3848.69	30	275	Lecho	NORMAL
3538281.25	7458739.83	3833.6	80	291	Lumbreras	NORMAL
3538327.05	7459304.67	3835.69	60	287	Casa Grande	NORMAL
3537657.89	7459093.49	3858.59	70	290	Casa Grande	NORMAL
3538321.96	7458515.93	3827.01	70	274	Maiz Gordo	NORMAL
3537680.79	7457971.45	3857.41	70	269	Rio Grande	NORMAL
3537886.88	7458447.24	3853.99	60	271	Rio Grande	NORMAL
3538118.41	7458050.32	3845.71	80	294	Rio Grande	NORMAL
3538166.75	7457124.19	3846.29	70	257	Rio Grande	NORMAL
3537942.86	7456813.79	3865.26	75	264	Rio Grande	NORMAL
3537304.23	7456958.81	3889.1	65	269	Rio Grande	NORMAL
3537584.11	7456343.09	3887.09	85	272	Rio Grande	NORMAL
3539403.29	7456274.39	3916.61	30	260	Lecho	NORMAL
3538492.43	7458556.64	3864.26	90	298	Yacoraite	VERTICAL
3538619.64	7459345.38	3828.55	90	290		VERTICAL
3534663.23	7459159.65	3904.43	50	265	Rio Grande	NORMAL
3534431.7	7458800.9	3939.19	20	266		NORMAL
3534113.66	7458279.31	3971.25	15	271		NORMAL
3535696.22	7459304.67	3929.26	60	266	Pisungo	NORMAL
3534777.73	7457327.74	3916.16	60	264	Rio Grande	NORMAL
3534887.13	7456617.87	3940.72	35	180	Rio Grande	NORMAL
3535006.72	7459411.53	3840.76	85	238	Casa Grande	OVERTURNED
3532668.49	7457793.35	3984.08	45	258	Ordovicico	NORMAL
3532948.36	7456582.25	4118.72	60	264	Ordovicico	NORMAL
3532528.55	7457279.4	4038.08	45	261	Ordovicico	NORMAL
3532928.01	7458732.2	3921.89	80	84	Ordovicico	NORMAL
3532177.44	7458577	3989.68	80	291	Ordovicico	NORMAL
3532220.69	7457409.16	4050.39	40	273	Ordovicico	NORMAL
3531678.75	7458332.74	3915.91	40	277	Ordovicico	NORMAL
3531548.99	7457704.3	4035.2	40	278	Ordovicico	NORMAL
3531431.95	7456801.07	4071.66	30	271	Ordovicico	NORMAL
3531101.19	7455948.72	4180.41	35	271	Ordovicico	NORMAL

3533360.54	7455689.2	4164.44	60	265	Ordovicico	NORMAL
3533202.8	7455165.07	4198.29	55	334	Ordovicico	NORMAL
3532462.4	7454045.57	4291.01	25	301	Ordovicico	NORMAL
3533843.96	7455457.67	4060.59	60	247	Pisungo	NORMAL
3533518.29	7453931.08	4179.13	70	269	Ordovicico	NORMAL
3533805.8	7453839.48	4155.06	80	79	Ordovicico	NORMAL
3533627.7	7453333.16	4169.84	30	262	Ordovicico	NORMAL
3533358	7452989.68	4204.77	50	270	Ordovicico	NORMAL
3532103.65	7452763.24	4344.66	30	279	Ordovicico	NORMAL
3537006.55	7456096.29	3926.46	80	267	Rio Grande	NORMAL
3537177.02	7455645.95	3925.1	60	283	Rio Grande	NORMAL
3538039.54	7455307.55	3878.86	45	297	Casa Grande	NORMAL
3537736.77	7454961.53	3893.12	75	297	Rio Grande	NORMAL
3537721.5	7454607.87	3909.13	75	293	Rio Grande	NORMAL
3537563.75	7453959.07	3917.84	70	306	Rio Grande	NORMAL
3537225.36	7453167.78	3917.62	75	297	Rio Grande	NORMAL
3535917.58	7453167.78	3993.1	65	283	Rio Grande	NORMAL
3535535.93	7453099.09	4010.27	65	290	Rio Grande	NORMAL
3538991.11	7456053.04	3884.46	50	271	Yacoraite	NORMAL
3538782.48	7455854.58	3871.22	75	283	Yacoraite	NORMAL
3538688.34	7455574.71	3880.35	75	300		NORMAL
3539049.63	7455656.12	3928.36	60	298	Yacoraite	NORMAL
3539395.66	7455615.41	3914.87	60	271	Lecho	NORMAL
3539868.9	7455938.54	3887.57	40	267	Pirgua	NORMAL
3538548.4	7455162.53	3936.67	55	271	Mealla	NORMAL
3538260.89	7454938.63	3905.94	55	240	Mealla	NORMAL
3538927.51	7455037.85	3943.28	35	286	Yacoraite	NORMAL
3539054.72	7454679.11	3908.09	55	285	Lecho	NORMAL
3539270.99	7454724.9	3922.64	25	284	Lecho	NORMAL
3538545.86	7454182.96	3941.64	20	315	Yacoraite	NORMAL
3538703.61	7453633.39	3955.55	10	302	Yacoraite	NORMAL
3538230.36	7453908.18	3943.79	70	302	Yacoraite	NORMAL
3538108.24	7453325.53	3916.19	55	268	Mealla	NORMAL
3537795.28	7453951.43	3906.39	85	283	Maiz Gordo	OVERTURNED
3538159.12	7452783.59	3946.98	55	261	Yacoraite	NORMAL
3542275.82	7455597.6	3831.21	10	312		NORMAL
3542550.61	7455467.84	3856.91	10	307	Pisungo	NORMAL
3542118.08	7454918.27	3848.54	10	314		NORMAL
3542878.83	7453925.99	3841.17	65	333	Pisungo	NORMAL
3543117.99	7453419.67	3800.59	80	338	Rio Grande	NORMAL
3543563.25	7453193.23	3801.27	80	343	Rio Grande	NORMAL
3543741.35	7452809.03	3788.85	80	4	Rio Grande	NORMAL
3544252.76	7452702.17	3778.37	70	25	Rio Grande	NORMAL

3543222.31	7452758.15	3802.56	50	309	Rio Grande	NORMAL
3545603.79	7454752.89	3826.61	45	299	Rio Grande	NORMAL
3544255.3	7455371.16	3915.92	60	308	Pisungo	NORMAL
3544568.25	7455719.73	3899.25	55	299	Pisungo	NORMAL
3544865.94	7455770.62	3867.65	50	299	Pisungo	NORMAL
3545125.46	7455841.86	3859.22	55	300	Pisungo	NORMAL
3546084.66	7454689.28	3775.08	60	286	Rio Grande	NORMAL
3546216.97	7455971.62	3778.48	60	270	Rio Grande	NORMAL
3546557.91	7455325.36	3781.37	60	289	Rio Grande	NORMAL
3546568.08	7454694.37	3772.03	60	285	Rio Grande	NORMAL
3546853.05	7456075.94	3787.99	60	270	Rio Grande	NORMAL
3547059.14	7455539.08	3741.75	50	292	Rio Grande	NORMAL
3547059.14	7455081.11	3756.87	50	292	Rio Grande	NORMAL
3547290.67	7454757.98	3750.84	45	269	Rio Grande	NORMAL
3546919.2	7454032.85	3778.94	70	331	Rio Grande	NORMAL
3547506.94	7454083.74	3764.47	50	315	Casa Grande	NORMAL
3547975.09	7454315.27	3747.47	70	322	Casa Grande	NORMAL
3548061.6	7454030.31	3765.06	30	323	Lumbreras	NORMAL
3547809.71	7454964.07	3717.78	75	320	Rio Grande	NORMAL
3548081.95	7455541.63	3696.53	70	292	Casa Grande	NORMAL
3547664.68	7455111.64	3716.14	70	315	Rio Grande	NORMAL
3547636.7	7455284.65	3712.83	75	339	Rio Grande	NORMAL
3547840.24	7455577.25	3699.8	80	296	Rio Grande	NORMAL
3547952.19	7455895.29	3710.16	70	297	Rio Grande	NORMAL
3548753.65	7456086.11	3676.36	20	313	Rio Grande	NORMAL
3549519.49	7456025.05	3667.78	70	232	Casa Grande	NORMAL
3548962.28	7455811.33	3686.76	65	314	Rio Grande	NORMAL
3548575.55	7455518.73	3691.81	50	331	Casa Grande	NORMAL
3548644.25	7455317.73	3701.64	80	332	Casa Grande	NORMAL
3548758.74	7455027.68	3705.16	80	337		OVERTURNED
3550257.34	7456014.87	3722.65	75	315	Lumbreras	OVERTURNED
3550318.4	7455180.34	3763.99	75	308	Yacoraite	OVERTURNED
3550481.24	7456584.8	3667.14	85	308	Lumbreras	OVERTURNED
3550923.95	7456485.57	3696.65	80	310	Mealla	NORMAL
3551094.42	7455834.23	3793.75	70	315	Yacoraite	NORMAL
3550666.98	7455355.89	3757.79	50	297	Yacoraite	NORMAL
3551211.46	7455607.78	3841.11	23	151	Yacoraite	NORMAL
3550784.01	7455106.55	3773.04	30	131	Yacoraite	NORMAL
3550181.01	7454778.33	3796.87	70	302	Yacoraite	NORMAL
3549504.22	7454562.07	3728.68	30	301	Mealla	NORMAL
3549237.07	7454526.45	3726.46	70	88	Mealla	NORMAL
3549290.5	7454175.33	3749.08	30	278	Mealla	NORMAL
3549687.41	7454238.94	3734.71	20	281	Mealla	NORMAL



3549990.19	7454294.91	3784.07	30	269	Yacoraite	NORMAL
3550600.82	7454366.16	3808.31	50	215	Yacoraite	NORMAL
3550939.22	7454343.26	3816.22	30	260	Yacoraite	NORMAL
3550750.94	7454806.32	3782.81	25	271	Yacoraite	NORMAL
3551539.68	7454432.31	3928.01	15	270	Yacoraite	NORMAL
3549315.94	7454826.68	3747.06	30	353	Mealla	NORMAL
3551646.54	7456635.68	3809.55	55	277	Yacoraite	NORMAL
3552109.6	7456699.29	3915.98	10	130	Yacoraite	NORMAL
3553381.76	7456602.61	4034.96	20	320	Yacoraite	NORMAL
3551689.79	7454869.93	3943.19	30	315	Yacoraite	NORMAL
3552509.06	7454320.36	4092.01	15	272	Yacoraite	NORMAL
3531759.77	7452112.06	4243.37	55	299	Ordovicico	NORMAL
3532839.17	7452418.05	4195.82	30	78	Ordovicico	NORMAL
3533341.89	7452201.67	4114.7	65	266	Ordovicico	NORMAL
3533796.52	7452350.3	4092.6	75	266	Ordovicico	NORMAL
3534458.79	7452085.82	4092.71	30	257	Ordovicico	NORMAL
3534091.59	7451524.09	4166.53	60	288	Ordovicico	NORMAL
3536189.89	7451788.56	3983.44	50	301	Rio Grande	NORMAL
3536917.73	7452887.98	3940.82	30	280	Rio Grande	NORMAL
3536989.86	7452265.05	3922.23	50	327	Rio Grande	NORMAL
3536865.28	7452606.03	3941.18	30	303		NORMAL
3537018.28	7451709.88	3907.89	65	309		NORMAL
3536821.56	7451889.11	3916.55	70	288	Rio Grande	NORMAL
3536801.89	7451539.39	3928.78	80	300	Rio Grande	NORMAL
3537713.34	7451294.59	3955.27	55	269	Yacoraite	NORMAL
3537389.85	7451784.19	3898.06	80	297	Mealla	NORMAL
3538887.07	7451639.93	3854.22	40	299	Pirgua	NORMAL
3538196.38	7452437.72	3901.86	40	266	Yacoraite	NORMAL
3539284.88	7451454.15	3860.95	5	301		NORMAL
3538683.8	7451449.78	3866.16	30	270	Pirgua	NORMAL
3538384.36	7451524.09	3936.82	40	304	Lecho	NORMAL
3538454.3	7452243.19	3907.73	45	268	Lecho	NORMAL
3537984.37	7451779.82	3941.47	25	247	Yacoraite	NORMAL
3538266.33	7451875.99	3897.12	40	269	Lecho	NORMAL
3537914.43	7452319.69	3885.12	40	269	Yacoraite	NORMAL
3539785.41	7451174.37	3838.18	37	306	Pisungo	NORMAL
3540159.17	7451362.35	3848.43	55	300	Pisungo	NORMAL
3540473.91	7451390.76	3851.01	70	321	Pisungo	NORMAL
3540742.76	7451353.6	3822.89	70	290	Pisungo	NORMAL
3543129.57	7452367.78	3796.99	10	305	Rio Grande	NORMAL
3543507.7	7452625.7	3797.7	55	310	Rio Grande	NORMAL
3543621.36	7452269.42	3774.05	35	297	Rio Grande	NORMAL
3544038.83	7452238.82	3758.99	55	325	Rio Grande	NORMAL

3544392.92	7452238.82	3783.58	55	35	Rio Grande	NORMAL
3544672.69	7452275.98	3760.43	75	325	Rio Grande	NORMAL
3544961.21	7452033.36	3743.86	80	323	Casa Grande	NORMAL
3544707.66	7451788.56	3736.29	70	324	Casa Grande	NORMAL
3543957.96	7451851.95	3744.39	60	329	Rio Grande	NORMAL
3543184.21	7451843.21	3771.89	60	300	Rio Grande	NORMAL
3542554.72	7451744.85	3791.42	75	294	Rio Grande	NORMAL
3542292.44	7452070.52	3800.53	75	293	Rio Grande	NORMAL
3541754.75	7451825.72	3863.45	60	306	Pisungo	NORMAL
3541984.25	7451827.91	3824.45	60	310	Rio Grande	NORMAL
3543396.23	7451517.53	3792.96	60	296	Casa Grande	NORMAL
3541944.9	7451556.88	3790.15	70	307	Rio Grande	NORMAL
3544539.36	7451327.38	3817.09	70	318	Yacoraite	NORMAL
3544233.36	7451159.07	3855.07	65	314	Yacoraite	NORMAL
3543846.49	7451250.87	3760.69	60	313	Maiz Gordo	NORMAL
3545192.89	7451646.49	3732.49	80	324	Casa Grande	NORMAL
3542766.74	7451399.5	3813.97	50	306	Rio Grande	NORMAL
3546331.66	7452120.79	3763.17	85	131	Casa Grande	NORMAL
3546360.07	7451460.7	3718.95	75	180	Rio Grande	NORMAL
3545660.64	7451880.36	3721.37	80	324		NORMAL
3546102.16	7451288.03	3752.43	85	161	Rio Grande	NORMAL
3557585.96	7448022.56	3817.87	35	78	Gr Meson	NORMAL
3556820.96	7448687.02	4107.31	45	100	Gr Meson	NORMAL
3556357.58	7448450.96	4122.31	70	250	Lecho	NORMAL
3556018.8	7448107.8	4234.65	60	269	Yacoraite	NORMAL
3555299.69	7448761.33	4144.28	40	266	Mealla	NORMAL
3554805.72	7448276.1	4062.79	55	312	Mealla	NORMAL
3554716.1	7447618.2	4089.79	25	269	Mealla	NORMAL
3554209.01	7447633.5	4045.85	20	309	Mealla	NORMAL
3555535.75	7447624.76	4356.82	60	340	Yacoraite	NORMAL
3553828.7	7447784.31	3944.01	20	299	Mealla	NORMAL
3557616.56	7447233.51	3953.15	40	74	Gr Meson	NORMAL
3557135.7	7447290.34	3974.28	60	276	Pirgua	NORMAL
3556053.77	7447283.78	4262.96	55	281	Yacoraite	NORMAL
3555367.45	7447233.51	4324.11	45	272	Yacoraite	NORMAL
3550991.63	7449637.81	3746.66	35	194	Casa Grande	NORMAL
3551336.97	7449694.64	3755.56	45	201	Casa Grande	NORMAL
3551406.91	7449303.39	3782.44	40	314	Casa Grande	NORMAL
3551935.86	7449178.81	3773.69	35	302	Casa Grande	NORMAL
3551538.06	7448833.46	3794.48	50	303	Casa Grande	NORMAL
3551957.72	7448813.79	3775.34	10	312	Casa Grande	NORMAL
3552370.82	7447970.1	3818.8	45	302	Lumbreras	NORMAL
3552821.08	7448308.89	3884.05	40	346	Lumbreras	NORMAL

3553323.79	7448225.83	3912.27	60	328	Maiz Gordo	NORMAL
3552939.11	7447738.41	3859.05	25	309	Maiz Gordo	NORMAL
3553194.84	7447375.58	3917.54	30	312	Mealla	NORMAL
3552456.06	7449500.11	3788.69	45	284	Casa Grande	NORMAL
3552362.08	7449167.88	3796.47	7	4	Casa Grande	NORMAL
3552895.39	7447012.75	3907.49	50	6	Lecho	NORMAL
3553426.52	7446993.08	3993.43	5	149	Mealla	NORMAL
3549059.44	7449618.14	3717.66	30	225	Casa Grande	NORMAL
3546762.25	7449633.44	3690.54	80	280	Rio Grande	NORMAL
3546838.75	7448925.26	3683.49	80	282	Rio Grande	NORMAL
3546596.13	7447511.1	3682.56	70	90	Rio Grande	NORMAL
3548121.77	7447644.43	3671.23	5	256	Casa Grande	NORMAL
3549046.33	7446942.81	3705.42	5	122	Casa Grande	NORMAL
3548364.38	7447132.97	3705.87	5	262	Casa Grande	NORMAL
3548335.97	7449017.06	3695.05	5	260	Casa Grande	NORMAL
3546405.97	7450319.76	3729.62	85	258	Rio Grande	NORMAL
3549634.29	7449615.95	3717.95	50	126	Casa Grande	NORMAL
3549977.45	7449882.61	3748.79	50	128	Casa Grande	NORMAL
3554095.36	7447012.75	4044.37	5	123	Mealla	NORMAL
3554377.31	7446824.78	4101.97	15	307	Mealla	NORMAL
3556353.21	7447041.17	4202.24	55	270	Lecho	NORMAL
3555612.25	7446698.01	4387.74	65	247	Yacoraite	NORMAL
3554895.33	7446807.29	4147.42	35	255	Mealla	NORMAL
3552289.95	7446877.24	3945.36	50	328	Lecho	NORMAL
3552268.09	7446654.29	3978.77	15	287	Pirgua	NORMAL
3552639.66	7446470.69	4066.8	45	89	Lecho	NORMAL
3551033.15	7446370.15	3880.65	45	268	Lecho	NORMAL
3551404.73	7446239.01	3984.39	70	284	Pirgua	NORMAL
3551839.69	7446166.88	4094.48	40	319	Pirgua	NORMAL
3548036.52	7446647.74	3657.53	5	257	Casa Grande	NORMAL
3548274.77	7446593.09	3697.17	5	257	Casa Grande	NORMAL
3548064.94	7446092.56	3694.46	5	258	Casa Grande	NORMAL
3546504.33	7448302.33	3679.86	15	63	Rio Grande	NORMAL
3544725.15	7448955.86	3716.89	30	276		NORMAL
3544561.22	7448378.83	3745.15	11	334	Pirgua	NORMAL
3544773.23	7448179.93	3723.74	50	145	Pirgua	NORMAL
3544451.93	7447812.73	3795.07	30	207	Pirgua	NORMAL
3544235.55	7447786.5	3901.97	45	270	Lecho	NORMAL
3544023.53	7448724.18	3830.06	60	261	Lecho	NORMAL
3544060.69	7448147.14	3925.41	40	270	Lecho	NORMAL
3544301.12	7447377.77	3887.65	65	274	Lecho	NORMAL
3544196.2	7446966.85	3979.61	35	270	Lecho	NORMAL
3543892.39	7447095.81	4069.66	60	269	Lecho	NORMAL

3543745.94	7447882.67	4048.58	60	270	Lecho	NORMAL
3543413.71	7448837.83	3914.69	60	270	Yacoraite	NORMAL
3543002.8	7448300.14	3842.18	30	269	Mealla	NORMAL
3543389.67	7448050.97	3898.81	60	268		NORMAL
3543429.01	7447637.87	3901.47	60	271	Yacoraite	NORMAL
3543507.7	7447198.54	3904.45	60	272	Yacoraite	NORMAL
3543227.93	7447198.54	3849.75	60	273	Mealla	NORMAL
3543533.93	7446752.65	3915.06	60	266	Yacoraite	NORMAL
3543472.73	7446304.58	3876.06	35	271	Yacoraite	NORMAL
3544067.24	7446398.56	3859.92	30	267	Lecho	NORMAL
3544552.48	7447480.5	3757.84	65	138	Lecho	NORMAL
3544583.08	7447132.97	3827.98	80	107	Lecho	OVERTURNED
3544891.26	7446990.89	3756.53	55	118	Yacoraite	OVERTURNED
3544548.1	7446767.95	3821.22	80	130	Lecho	OVERTURNED
3544705.48	7446663.04	3772.97	40	131	Yacoraite	OVERTURNED
3544537.18	7446341.73	3765.42	55	119	Yacoraite	OVERTURNED
3544399.48	7446457.58	3799.76	55	88		OVERTURNED
3544281.45	7446072.89	3765.84	90	124	Lecho	VERTICAL
3544093.47	7445933	3831.87	90	245	Lecho	VERTICAL
3544600.56	7450859.63	3916.88	45	309	Lecho	NORMAL
3544427.89	7450378.77	3886.51	45	292	Lecho	NORMAL
3543678.19	7450335.06	3863.76	60	301	Yacoraite	NORMAL
3544248.66	7449935.07	3812.46	40	290	Lecho	NORMAL
3543424.64	7450155.83	3810.67	55	298	Mealla	NORMAL
3543249.78	7451027.93	3773.97	65	301	Lumbreras	NORMAL
3542884.77	7451100.06	3785.04	80	286	Casa Grande	NORMAL
3542672.75	7450763.46	3795.82	80	283	Casa Grande	NORMAL
3542541.61	7450273.86	3834.5	70	298	Casa Grande	NORMAL
3543986.37	7449279.35	3846.84	30	276	Lecho	NORMAL
3543072.74	7449106.68	3834.09	75	270	Mealla	NORMAL
3545330.59	7451054.16	3767.11	65	25	Lecho	OVERTURNED
3542021.41	7448748.22	3847.55	55	267	Casa Grande	NORMAL
3542003.92	7448319.82	3838.68	70	272	Casa Grande	NORMAL
3541619.23	7448588.66	3855.97	80	265	Rio Grande	NORMAL
3541986.43	7447644.43	3834.72	65	275	Casa Grande	NORMAL
3541750.38	7447261.92	3829.75	60	272	Rio Grande	NORMAL
3541877.15	7447054.28	3823.58	55	268	Casa Grande	NORMAL
3541234.54	7447600.71	3841.39	60	275	Rio Grande	NORMAL
3542036.71	7446700.19	3808.74	60	271	Casa Grande	NORMAL
3539523.12	7450750.34	3885.99	35	311	Pisungo	NORMAL
3540034.58	7450107.74	3940.36	10	294	Pisungo	NORMAL
3540045.51	7450848.7	3868.04	48	298	Pisungo	NORMAL
3541190.83	7450171.13	3895.22	70	304	Pisungo	NORMAL



3538067.43	7450820.29	3980.15	55	274	Lecho	NORMAL
3537772.35	7450256.37	3990.7	55	268	Lecho	NORMAL
3537566.9	7450909.9	3944.18	55	289	Yacoraite	NORMAL
3537488.21	7450496.8	3943.64	55	291	Yacoraite	NORMAL
3540403.97	7448523.09	3916.56	75	282	Pisungo	NORMAL
3540790.84	7448177.74	3878.7	70	277	Pisungo	NORMAL
3540932.91	7448079.39	3866.35	60	280	Rio Grande	NORMAL
3541520.87	7450490.24	3847.18	80	310	Rio Grande	NORMAL
3541960.2	7450133.97	3848.18	80	303	Rio Grande	NORMAL
3542253.09	7450938.32	3816.39	75	295	Rio Grande	NORMAL
3541853.1	7450726.3	3835.63	70	293	Rio Grande	NORMAL
3541791.9	7450923.02	3812.02	75	294	Rio Grande	NORMAL
3539713.28	7447790.87	3891.2	30	323	Pisungo	NORMAL
3539892.51	7447532.95	3892.64	32	293	Pisungo	NORMAL
3540135.12	7447222.58	3859.42	56	296	Pisungo	NORMAL
3536336.33	7448678.28	3941.35	70	268	Rio Grande	NORMAL
3536581.13	7448805.05	3918.07	80	272	Rio Grande	NORMAL
3537372.37	7447281.6	3883.23	70	277	Mealla	NORMAL
3537604.05	7447216.02	3854.44	85	286	Yacoraite	NORMAL
3544467.23	7448050.97	3753.04	35	223	Pirgua	NORMAL
3542843.24	7445954.86	3798.19	65	274	Lumbreras	NORMAL
3543251.97	7445428.1	3806.01	60	219	Maiz Gordo	NORMAL
3543083.67	7445301.33	3809.09	80	0	Maiz Gordo	NORMAL
3542950.34	7445019.37	3828.85	85	354	Yacoraite	NORMAL
3543735.01	7445484.93	3901.18	75	263	Yacoraite	NORMAL
3544014.79	7445668.53	3941.11	55	226	Yacoraite	NORMAL
3544327.35	7445793.12	3808.88	65	116	Lecho	NORMAL
3544515.32	7445345.04	3716.62	80	104	Yacoraite	NORMAL
3543999.49	7445192.04	3904.19	30	270	Yacoraite	NORMAL
3543350.33	7444999.7	3850.85	85	1	Yacoraite	NORMAL
3543846.49	7444792.05	3902.91	85	22	Yacoraite	NORMAL
3543614.8	7444748.34	3907.9	45	9	Yacoraite	NORMAL
3544207.13	7444663.1	3826.78	30	273	Yacoraite	NORMAL
3544460.68	7444829.21	3735.36	30	132	Lecho	NORMAL
3544639.91	7444851.07	3709.57	75	101	Yacoraite	NORMAL
3544585.26	7444510.1	3729.4	10	134	Yacoraite	NORMAL
3544412.59	7444225.95	3753.28	50	24	Yacoraite	NORMAL
3544355.76	7444042.35	3776.77	39	2	Lecho	NORMAL
3543938.29	7444123.22	3902.42	60	59	Lecho	NORMAL
3543772.17	7444490.42	3954.15	50	18	Lecho	NORMAL
3543413.71	7444521.02	3991.66	65	8	Lecho	NORMAL
3544309.86	7444280.59	3780.13	50	95	Yacoraite	NORMAL
3543424.64	7444160.38	4089.62	35	50	Lecho	NORMAL

3543162.35	7443963.66	4150.86	30	281	Pirgua	NORMAL
3542709.91	7444077.32	4082.78	30	292	Pirgua	NORMAL
3543004.98	7443616.13	4242.19	10	268	Pirgua	NORMAL
3543378.74	7443666.41	4076.24	35	307	Pirgua	NORMAL
3543748.13	7443633.62	3966.91	45	42	Pirgua	NORMAL
3544447.56	7443622.69	3737.55	85	359	Pirgua	NORMAL
3544143.75	7443450.02	3771.72	80	2	Pirgua	NORMAL
3545529.5	7445355.97	3681.61	35	135	Yacoraite	NORMAL
3545490.15	7445154.88	3705.24	55	61	Yacoraite	NORMAL
3545743.7	7445010.63	3677.5	65	60	Yacoraite	NORMAL
3545883.58	7444774.57	3669.19	65	91	Yacoraite	NORMAL
3545944.78	7444558.18	3668.21	55	94	Yacoraite	NORMAL
3545422.4	7444853.25	3779.47	45	67	Lecho	NORMAL
3545090.16	7444840.14	3754.24	50	53	Pirgua	NORMAL
3545210.38	7444556	3801.94	85	86	Pirgua	NORMAL
3546978.63	7444615.01	3620.56	35	52		NORMAL
3547643.09	7445310.07	3648.33	35	45	Lumbreras	NORMAL
3547566.59	7444016.12	3636.56	35	56	Maiz Gordo	NORMAL
3547151.3	7443954.92	3600.33	25	50	Mealla	NORMAL
3548241.98	7444267.48	3678.82	45	307	Maiz Gordo	NORMAL
3548320.67	7443937.44	3734.6	30	305	Mealla	NORMAL
3548322.85	7443454.39	3770.26	75	280	Yacoraite	NORMAL
3545984.13	7444088.25	3671.47	80	102	Yacoraite	NORMAL
3545699.98	7444040.16	3703.92	85	98	Lecho	NORMAL
3545894.51	7443436.9	3664.58	85	107	Yacoraite	NORMAL
3545372.12	7443904.65	3735.28	85	97	Pirgua	NORMAL
3545590.7	7443646.73	3678.48	85	106	Lecho	NORMAL
3545278.14	7443349.48	3732.09	85	107	Pirgua	NORMAL
3545481.41	7445386.57	3687.92	90	155	Yacoraite	VERTICAL
3545494.52	7443185.55	3700.71	90	289	Lecho	VERTICAL
3545514.2	7442833.64	3666.06	90	291	Lecho	VERTICAL
3548989.5	7445235.76	3779.44	35	323	Casa Grande	NORMAL
3549859.42	7445495.86	3904.6	80	290	Lecho	NORMAL
3550965.4	7445585.47	4126.97	40	273	Lecho	NORMAL
3549621.17	7444582.22	3921.63	75	294	Lecho	NORMAL
3551323.86	7445655.42	4122.18	60	279	Pirgua	NORMAL
3551240.8	7445143.96	4074.67	45	303	Pirgua	NORMAL
3550493.28	7444411.74	4130.05	25	285	Lecho	NORMAL
3551651.71	7444837.95	4121.74	40	280	Pirgua	NORMAL
3552036.4	7443904.65	4160.27	30	68	Lecho	NORMAL
3551559.91	7443935.25	4034.95	50	268	Pirgua	NORMAL
3552132.57	7443076.26	4020.66	20	92		NORMAL
3551909.63	7442851.13	3931.14	60	249	Pirgua	NORMAL

3551004.74	7443401.93	3923.81	45	101	Lecho	NORMAL
3550899.82	7443627.06	3969.52	35	100	Lecho	NORMAL
3550731.52	7443714.49	4001.45	30	280	Lecho	NORMAL
3549979.63	7443747.28	4084.58	65	264	Lecho	NORMAL
3548902.07	7443943.99	3817.54	85	342	Yacoraite	NORMAL
3548963.27	7444726.48	3752.26	60	343	Lumbreras	OVERTURNED
3549201.52	7444201.91	3922.02	50	274	Yacoraite	OVERTURNED
3549295.5	7443760.39	3956.12	60	268	Lecho	OVERTURNED
3552856.05	7445959.23	4190.08	30	326	Lecho	NORMAL
3553524.88	7445854.32	4245.51	35	326	Lecho	NORMAL
3554700.8	7446022.62	4258.47	70	355	Lecho	NORMAL
3554283.33	7445828.09	4284.36	20	359	Lecho	NORMAL
3553942.36	7445530.83	4397.65	20	318	Lecho	NORMAL
3553328.17	7445530.83	4398.42	25	324	Lecho	NORMAL
3552499.78	7445675.09	4248.87	20	20	Lecho	NORMAL
3552814.52	7445192.04	4393.11	15	202	Lecho	NORMAL
3552458.25	7445207.34	4324.54	10	36	Lecho	NORMAL
3552770.81	7444610.64	4301.62	10	300	Lecho	NORMAL
3553061.51	7444114.48	4268.43	15	297	Lecho	NORMAL
3553872.41	7444960.36	4254.23	35	313	Pirgua	NORMAL
3553999.18	7444724.3	4274.19	30	278	Pirgua	NORMAL
3553951.1	7444378.95	4195.79	15	303	Pirgua	NORMAL
3554230.87	7444245.62	4010.35	20	289	Ordovicico	NORMAL
3554643.97	7444064.21	4030.96	20	290	Gr Meson	NORMAL
3554915	7445452.14	4336.36	70	349	Pirgua	NORMAL
3555330.29	7444890.41	4221.43	50	340	Gr Meson	NORMAL
3555242.86	7444566.92	4120.83	35	313	Gr Meson	NORMAL
3555238.49	7444090.44	4099.69	20	292	Gr Meson	NORMAL
3555607.88	7445019.37	4250.48	50	59	Yacoraite	NORMAL
3555288.76	7445740.66	4250.32	70	86		OVERTURNED
3555424.28	7445443.4	4260.03	75	86	Yacoraite	OVERTURNED
3557765.19	7446455.39	4009.07	30	91	Gr Meson	NORMAL
3558095.23	7444765.83	3753.81	40	99	Gr Meson	NORMAL
3557675.58	7444317.75	3599.62	50	67	Gr Meson	NORMAL
3556982.7	7445723.17	3864.49	50	271	Pirgua	NORMAL
3556217.7	7446110.05	4262.41	30	246	Yacoraite	NORMAL
3556110.6	7445266.36	4257.8	40	254	Yacoraite	NORMAL
3556840.63	7445023.74	3946.04	25	231	Lecho	NORMAL
3557052.64	7443585.53	3875.98	30	241	Lecho	NORMAL
3555907.32	7444757.08	4119.05	40	253	Yacoraite	NORMAL
3555763.07	7444792.05	4126.58	20	356	Yacoraite	NORMAL
3544478.28	7444131.4	3749.86	40	117	Yacoraite	OVERTURNED
3536153.64	7446195.53	3939.95	60	275	Rio Grande	NORMAL

3535963.43	7445939.57	3907.46	80	289	Rio Grande	NORMAL
3536395.51	7445420.6	3859.14	75	293	Rio Grande	NORMAL
3536883.95	7445894.95	3855.65	85	287	Maiz Gordo	NORMAL
3538206.03	7446155.61	3785.91	80	48	Yacoraite	NORMAL
3536064.4	7445298.49	3859.57	70	290	Rio Grande	NORMAL
3537247.93	7445716.48	3919.45	85	291	Yacoraite	NORMAL
3537144.61	7445336.06	3888.8	85	290	Yacoraite	NORMAL
3537337.17	7444734.9	3855	80	292	Lecho	NORMAL
3537252.63	7444197.15	3824.25	80	287	Lecho	NORMAL
3538130.89	7443943.53	3800.58	60	60	Yacoraite	NORMAL
3538208.38	7443527.89	3795.88	45	60	Lecho	NORMAL
3538384.5	7443565.46	3788.28	45	62	Yacoraite	NORMAL
3538445.55	7443271.93	3793.14	40	58	Lecho	NORMAL
3537022.5	7443833.16	3840.05	85	291	Lecho	NORMAL
3537506.24	7443516.15	3824.47	70	292		NORMAL
3537088.25	7443490.32	3833.33	70	290	Lecho	NORMAL
3536233.48	7445042.53	3853.36	80	287	Rio Grande	NORMAL
3535695.72	7443788.55	3827.66	70	287	Rio Grande	NORMAL
3536163.03	7444039.81	3821.53	70	284	Casa Grande	NORMAL
3537045.98	7444983.82	3858.22	80	286	Yacoraite	NORMAL
3536663.21	7445228.04	3839.55	85	307	Maiz Gordo	NORMAL
3536299.23	7443950.58	3807.53	80	278	Lumbreras	NORMAL
3536578.67	7443924.75	3796.34	70	277	Mealla	NORMAL
3536505.88	7443457.44	3777.78	80	293		NORMAL
3536721.92	7443368.21	3780.73	85	282	Yacoraite	NORMAL
3537311.34	7446101.6	3913.77	90	282	Yacoraite	VERTICAL
3537633.05	7446061.68	3876.55	90	285	Lecho	VERTICAL
3537456.93	7445375.98	3826.48	90	285	Lecho	VERTICAL
3536625.64	7447139.54	3928.71	60	267	Rio Grande	NORMAL
3535301.21	7446155.61	4001.19	75	281	Rio Grande	NORMAL
3537825.61	7447123.1	3819.49	85	290	Lecho	NORMAL
3537964.16	7446712.15	3802.53	75	285	Lecho	NORMAL
3538184.9	7446813.13	3834.43	45	77	Yacoraite	NORMAL
3537351.26	7449149.66	3857.11	90	271	Yacoraite	VERTICAL
3537675.32	7448872.57	3939.02	90	273	Lecho	VERTICAL
3537520.33	7448456.92	3845.54	90	264		VERTICAL
3535251.9	7449537.13	3940.27	60	253	Pisungo	NORMAL
3536733.66	7450326.15	3923.67	80	272		NORMAL
3536961.44	7450495.23	3913.31	70	275	Lumbreras	NORMAL
3537365.35	7450070.19	3888.54	85	271	Yacoraite	NORMAL
3536752.45	7450058.45	3923.14	80	276	Rio Grande	NORMAL
3536235.83	7449706.21	3925.67	75	291	Rio Grande	NORMAL
3536548.15	7449750.82	3898.71	70	286	Rio Grande	NORMAL



3531534.58	7451277.2	4281.71	55	281	Ordovicico	NORMAL
3532793.25	7451392.27	4222.55	30	248	Ordovicico	NORMAL
3532199.14	7450953.14	4313.8	75	270	Ordovicico	NORMAL
3531738.88	7450309.71	4435.58	50	285	Ordovicico	NORMAL
3532802.65	7450171.16	4211.56	15	276	Ordovicico	NORMAL
3533650.37	7450452.96	4173.93	75	265	Ordovicico	NORMAL
3533124.36	7450251.01	4247.36	15	65	Ordovicico	NORMAL
3533650.37	7449506.6	4032.9	40	247	Ordovicico	NORMAL
3532903.62	7449492.51	4138.73	45	261	Ordovicico	NORMAL
3534730.58	7450142.98	4086.4	90	299		VERTICAL
3532544.34	7448475.71	4163.6	30	63	Ordovicico	NORMAL
3533352.14	7449309.35	4110.19	50	65	Ordovicico	NORMAL
3533594.01	7448440.48	4082.85	50	284	Ordovicico	NORMAL
3534230.4	7447773.57	4273.03	30	320	Pisungo	NORMAL
3534087.15	7447792.36	4203.16	80	87	Rio Grande	OVERTURNED
3533885.2	7447496.48	4177.77	30	263	Ordovicico	NORMAL
3533035.12	7447745.39	4134.07	45	271	Ordovicico	NORMAL
3532138.08	7448485.1	4257.41	40	276	Ordovicico	NORMAL
3531327.93	7447905.08	4234.16	30	282	Ordovicico	NORMAL
3531802.28	7447421.33	4155.6	20	249	Ordovicico	NORMAL
3532239.06	7447618.59	4234.12	50	66	Ordovicico	NORMAL
3532391.7	7447898.03	4105	20	285	Ordovicico	NORMAL
3534127.07	7446902.36	4210.67	80	87	Lecho	NORMAL
3532185.05	7446350.52	4390.07	50	271	Ordovicico	NORMAL
3532854.31	7446366.96	4339.06	40	250	Ordovicico	NORMAL
3534047.23	7446261.28	4144.08	80	113	Yacoraite	NORMAL
3534303.19	7446244.85	4123.25	55	283	Pisungo	NORMAL
3533648.03	7446094.56	4144.54	65	264	Ordovicico	NORMAL
3532964.68	7445681.26	4156.11	55	281	Ordovicico	NORMAL
3532274.28	7444936.86	4242.81	20	274	Ordovicico	NORMAL
3533687.95	7445387.72	4162.4	80	94	Yacoraite	NORMAL
3535132.14	7444122	3887.59	80	290	Rio Grande	NORMAL
3534838.6	7443781.5	3889.88	50	273	Rio Grande	NORMAL
3533366.23	7444840.58	4054.65	80	294	Ordovicico	NORMAL
3533413.2	7444166.62	4068.56	80	289	Pisungo	NORMAL
3533352.14	7443769.76	4043.72	85	269	Pisungo	NORMAL
3533093.83	7443718.1	3979.13	70	283	Pisungo	NORMAL
3533598.71	7445204.56	4112.87	70	120	Ordovicico	OVERTURNED
3533962.69	7446449.15	4193.51	90	300		VERTICAL
3533591.67	7444788.91	4163.38	90	292	Pisungo	VERTICAL
3532511.46	7443351.77	4068.13	60	269	Ordovicico	NORMAL
3531917.35	7442853.93	3943.63	30	207	Ordovicico	NORMAL
3534993.59	7442752.96	3808.66	65	288	Rio Grande	NORMAL

3535265.99	7442849.24	3818.01	75	260	Rio Grande	NORMAL
3534648.39	7442069.61	3881.65	65	277	Rio Grande	NORMAL
3533814.75	7442424.2	3812.52	75	295	Pisungo	NORMAL
3533161.93	7440569.06	3974.47	50	270	Ordovicico	NORMAL
3534991.24	7441804.25	3817.2	8	282	Rio Grande	NORMAL
3532849.61	7442154.15	3881.63	85	301	Ordovicico	NORMAL
3533749	7440655.95	3905.94	80	277	Pisungo	NORMAL
3533485.99	7442438.29	3851.32	90	281		VERTICAL
3534920.79	7439864.58	3813.62	50	293	Rio Grande	NORMAL
3533579.93	7437281.47	3932.93	75	293	Pisungo	NORMAL
3534617.86	7434674.89	3811.8	85	243	Rio Grande	NORMAL
3534188.13	7434609.13	3834.38	85	249	Pisungo	NORMAL
3533847.63	7434649.05	3853.68	90	250	Pisungo	VERTICAL
3536986.82	7443018.27	3779.29	70	288	Lecho	NORMAL
3536505.27	7442779.58	3756.93	85	289	Yacoraite	NORMAL
3535875.06	7442982.67	3760.47	70	286	Rio Grande	NORMAL
3535776.65	7442752.36	3765.78	70	286	Rio Grande	NORMAL
3536452.92	7442078.19	3743.61	80	288	Yacoraite	NORMAL
3536844.45	7441741.1	3751.63	80	291	Lecho	NORMAL
3535950.43	7441979.78	3793.51	30	290	Lumbreras	NORMAL
3535793.4	7442542.99	3743.31	70	292	Casa Grande	NORMAL
3536578.55	7441196.73	3778.82	75	296	Lecho	NORMAL
3535466.78	7441906.5	3806.73	70	290	Rio Grande	NORMAL
3535730.59	7442097.03	3770.01	75	294	Casa Grande	NORMAL
3535519.13	7441360.04	3799.58	85	299	Rio Grande	NORMAL
3536243.55	7441399.82	3787.77	80	286	Yacoraite	NORMAL
3536017.43	7440426.24	3806.85	85	286	Yacoraite	NORMAL
3536549.23	7440838.7	3792.41	80	285	Lecho	NORMAL
3536346.14	7440486.96	3792.15	65	300	Lecho	NORMAL
3536159.8	7440200.12	3796.17	80	292	Lecho	NORMAL
3536427.8	7439911.19	3726.76	80	289	Pirgua	NORMAL
3535841.56	7440030.53	3784.9	80	282	Yacoraite	NORMAL
3535079.44	7440426.24	3789.64	90	272	Rio Grande	VERTICAL
3535357.91	7440202.21	3781.91	80	269	Lumbreras	OVERTURNED
3536061.4	7437819.56	3758.09	85	255	Lecho	NORMAL
3535659.4	7437574.6	3776.09	85	242	Mealla	OVERTURNED
3536042.55	7437291.95	3759.79	85	242	Lecho	OVERTURNED
3539813.45	7441640.97	3683.36	45	75		OVERTURNED
3539973.03	7440703.44	3681.38	75	110	Yacoraite	OVERTURNED
3540050.61	7440315.57	3650.41	75	104	Yacoraite	OVERTURNED
3541568.84	7442826.75	3830.86	55	282	Yacoraite	NORMAL
3541896.86	7442733.66	3937.65	50	283	Lecho	NORMAL
3542519.67	7442438.88	4203.21	15	268	Lecho	NORMAL

3543171.29	7442984.11	4267.34	45	239	Pirgua	NORMAL
3543998.01	7442731.44	3849.97	25	207	Pirgua	NORMAL
3543654.47	7442312.54	4088.82	15	222	Pirgua	NORMAL
3543916	7442015.55	3858.82	10	248	Pirgua	NORMAL
3543922.65	7441603.3	3827.33	25	189	Pirgua	NORMAL
3544159.81	7441583.35	3800.56	25	198	Pirgua	NORMAL
3544623.03	7441756.23	3683.22	85	135	Lecho	NORMAL
3544037.9	7441151.15	3758.15	80	162	Lecho	NORMAL
3544162.02	7440865.24	3650.27	75	138	Yacoraite	NORMAL
3543873.89	7440752.2	3652.59	70	169	Yacoraite	NORMAL
3543592.41	7440949.46	3790.42	40	170	Lecho	NORMAL
3543576.89	7440632.51	3644.28	60	163	Yacoraite	NORMAL
3543202.32	7440980.49	3716.55	35	166	Lecho	NORMAL
3542816.67	7440789.88	3677.89	30	165	Lecho	NORMAL
3542823.32	7440554.94	3658.37	40	170	Lecho	NORMAL
3542643.79	7441672	4016.52	30	218	Pirgua	NORMAL
3542357.88	7441587.78	3952.92	15	300	Pirgua	NORMAL
3542045.36	7441667.57	4044.68	30	297	Pirgua	NORMAL
3541976.65	7441377.22	4022.21	55	299	Pirgua	NORMAL
3542169.48	7442004.46	4071.59	15	268	Pirgua	NORMAL
3541779.4	7441707.47	3989.58	35	281	Lecho	NORMAL
3541504.56	7442259.35	3817.49	55	277	Yacoraite	NORMAL
3541471.32	7441915.81	3840.15	35	285	Yacoraite	NORMAL
3541336.12	7441519.07	3759.13	55	281	Yacoraite	NORMAL
3541710.69	7441321.81	3902.83	55	285	Lecho	NORMAL
3541165.45	7440745.55	3741.23	55	279	Yacoraite	NORMAL
3541757.23	7440834.21	3883.32	55	287	Lecho	NORMAL
3542120.72	7440858.59	3862.66	30	246	Pirgua	NORMAL
3542227.11	7440674.63	3756.42	30	229	Pirgua	NORMAL
3542298.03	7440470.72	3704.47	35	152	Lecho	NORMAL
3541925.68	7440619.22	3796.1	60	283	Lecho	NORMAL
3541544.46	7440466.28	3832.74	40	278	Lecho	NORMAL
3541028.04	7440266.81	3734.6	55	281	Yacoraite	NORMAL
3542991.76	7440373.2	3641.94	35	173	Yacoraite	NORMAL
3544343.77	7441445.93	3692.79	90	322	Lecho	VERTICAL
3544476.75	7441179.96	3655.68	90	319	Yacoraite	VERTICAL
3544585.35	7441428.2	3656.82	90	316	Lecho	VERTICAL
3544693.96	7442068.74	3701.82	90	313	Pirgua	VERTICAL
3544935.55	7442884.37	3696.43	85	103	Pirgua	NORMAL
3545070.75	7442367.95	3681.79	85	122	Lecho	NORMAL
3545768.91	7442219.45	3651.06	80	129	Mealla	NORMAL
3545123.94	7441443.72	3644.41	85	120	Mealla	NORMAL
3544900.08	7441818.29	3667.71	75	129	Lecho	NORMAL

3545587.17	7442465.47	3659.59	90	292	Yacoraite	VERTICAL
3545004.25	7441652.06	3652.64	90	322	Yacoraite	VERTICAL
3545400.99	7442179.56	3633.93	85	93	Yacoraite	OVERTURNED
3544791.48	7441366.14	3639.78	65	141	Yacoraite	OVERTURNED
3546992.36	7442310.33	3577.03	90	272		VERTICAL
3547231.73	7443139.26	3597.84	90	269	Mealla	VERTICAL
3545963.95	7441572.27	3598.22	90	273	Lumbreras	VERTICAL
3546659.9	7441188.83	3570.86	90	268		VERTICAL
3544410.26	7441676.44	3709.03	90	315	Lecho	VERTICAL
3548018.55	7442613.97	3706.08	50	279	Mealla	NORMAL
3548269.01	7442724.79	3777.41	75	276	Yacoraite	NORMAL
3547839.03	7441124.55	3665.9	5	229	Maiz Gordo	NORMAL
3548297.82	7442197.29	3798.58	60	276	Yacoraite	OVERTURNED
3548344.36	7441652.06	3797.39	70	271	Yacoraite	OVERTURNED
3549128.97	7442363.52	4022.6	70	258	Lecho	NORMAL
3549840.43	7442633.92	4223.45	30	293	Lecho	NORMAL
3550370.15	7442500.94	4087.23	25	279	Lecho	NORMAL
3550910.95	7442454.39	4062.33	75	269	Pirgua	NORMAL
3551190.22	7442345.79	3877.52	60	268	Lecho	NORMAL
3548204.73	7441208.78	3693.58	15	241	Mealla	NORMAL
3548776.56	7440667.98	3790.38	75	234	Yacoraite	NORMAL
3549392.72	7441268.62	4074.77	75	251	Lecho	NORMAL
3550316.96	7441414.9	4185.26	35	278	Lecho	NORMAL
3550139.65	7440789.88	4177.07	10	218	Lecho	NORMAL
3551358.66	7441492.48	4106.34	60	268	Lecho	NORMAL
3551278.87	7440787.66	4352.95	35	303	Lecho	NORMAL
3551043.94	7440410.87	4293.97	35	230		OVERTURNED
3550877.71	7441044.76	4158.57	90	247	Pirgua	VERTICAL
3551161.4	7440776.58	4341.61	90	264	Gr Meson	VERTICAL
3552743.91	7442680.47	4003.64	35	310	Pirgua	NORMAL
3553867.63	7443128.18	4060.88	15	282	Pirgua	NORMAL
3554468.27	7442607.32	3814.74	40	292	Gr Meson	NORMAL
3552028.02	7442161.83	3803.79	40	260	Pirgua	NORMAL
3552916.79	7441867.05	3726.73	15	347	Gr Meson	NORMAL
3551934.93	7441352.84	4056.69	60	251	Lecho	NORMAL
3552218.63	7441270.84	4079.57	25	301	Pirgua	NORMAL
3552455.78	7440794.31	4108.88	35	281	Pirgua	NORMAL
3552998.8	7441242.02	3864.11	40	130	Gr Meson	NORMAL
3552364.91	7440313.35	3999.23	25	341	Gr Meson	NORMAL
3551686.69	7440326.65	4211.81	70	249	Lecho	NORMAL
3556192.63	7443236.78	3827.32	70	242	Gr Meson	NORMAL
3555782.59	7443360.9	3919.9	15	249		NORMAL
3555494.46	7443088.28	3981.25	40	114		NORMAL



3555279.47	7442456.61	3875.93	35	100	Gr Meson	NORMAL
3556724.56	7441583.35	3606.69	30	106	Gr Meson	NORMAL
3552402.59	7439207.37	4056.78	30	301	Pirgua	NORMAL
3553550.68	7439863.42	4019.22	35	309	Gr Meson	NORMAL
3553714.69	7439967.59	4055.06	60	327	Pirgua	NORMAL
3553836.6	7439278.3	3703.03	45	93	Gr Meson	NORMAL
3553169.46	7438659.92	3866.1	30	274	Gr Meson	NORMAL
3553413.26	7438398.39	3756.53	50	281	Gr Meson	NORMAL
3552677.42	7438323.03	3847.54	50	118	Lecho	NORMAL
3552650.82	7438768.52	3935.68	65	308	Gr Meson	NORMAL
3551815.24	7439564.21	4046.96	50	305	Lecho	NORMAL
3550569.63	7439661.73	4225.14	60	231	Lecho	NORMAL
3550656.07	7439253.92	4225.37	60	229	Lecho	NORMAL
3551575.87	7438325.24	4186.52	15	194	Yacoraite	NORMAL
3548905.11	7439987.54	3744.31	40	259	Mealla	NORMAL
3549603.28	7439681.68	3920.55	70	228	Yacoraite	NORMAL
3549991.15	7439615.19	4040.94	70	242	Lecho	NORMAL
3548854.14	7439353.65	3712.42	5	271	Mealla	NORMAL
3551511.6	7439043.36	4095.39	45	189	Lecho	NORMAL
3551983.69	7438956.92	3950.07	60	213	Lecho	NORMAL
3551810.81	7438595.65	4119.21	30	193	Lecho	NORMAL
3549973.42	7438236.59	4002.58	20	252	Yacoraite	NORMAL
3548167.05	7440049.6	3672.2	15	249	Lumbreras	NORMAL
3547005.66	7438351.84	3568.72	15	247	Casa Grande	NORMAL
3542462.05	7440067.33	3657.81	30	149	Yacoraite	NORMAL
3541901.3	7439648.43	3674.57	55	137	Lecho	NORMAL
3541635.33	7440133.82	3754.33	25	271	Lecho	NORMAL
3541174.32	7439843.48	3752.52	30	274	Lecho	NORMAL
3542151.75	7439590.81	3664.28	85	110	Yacoraite	NORMAL
3541630.9	7439748.17	3719.7	15	189	Lecho	NORMAL
3541894.65	7439987.54	3672.82	55	132	Lecho	NORMAL
3542016.55	7439229.53	3674.7	85	113	Yacoraite	NORMAL
3541876.92	7438952.49	3680.04	40	141	Yacoraite	NORMAL
3541673.01	7439278.3	3695.94	30	163	Lecho	NORMAL
3540983.71	7439380.25	3701.07	45	266	Lecho	NORMAL
3540954.9	7439985.33	3720.75	55	281	Yacoraite	NORMAL
3541336.12	7438868.26	3715.34	20	180	Yacoraite	NORMAL
3541577.7	7439005.68	3709.52	25	150	Yacoraite	NORMAL
3541240.81	7439138.66	3776.23	20	198	Lecho	NORMAL
3540875.11	7439621.84	3684.64	75	289	Yacoraite	NORMAL
3540719.96	7439608.54	3645.93	75	294		NORMAL
3541043.55	7438954.7	3758.28	20	177	Lecho	NORMAL
3540915	7438699.82	3734.68	25	176	Yacoraite	NORMAL

3541016.96	7438458.23	3695.92	25	169	Yacoraite	NORMAL
3538689.74	7439502.15	3688.08	80	289	Pirgua	NORMAL
3538284.14	7438790.69	3689.16	80	285	Pirgua	NORMAL
3539066.53	7438861.61	3664.6	65	64	Yacoraite	NORMAL
3540478.37	7438826.15	3649.23	75	296	Yacoraite	NORMAL
3529072.79	7437547.29	4883.31	70	279	Ordovicico	NORMAL
3529777.6	7438939.19	4672.02	90	276	Ordovicico	VERTICAL
3538264.19	7437868.67	3656.81	55	304	Pirgua	NORMAL
3538521.29	7438214.42	3696.92	15	289		NORMAL
3538765.1	7438178.96	3688.24	10	87		NORMAL
3538851.53	7437912.99	3638.15	65	82	Pirgua	NORMAL
3539126.37	7437573.89	3665.29	65	70	Pirgua	NORMAL
3539465.48	7437571.67	3626.36	65	60	Lecho	NORMAL
3539181.78	7437075.2	3682.46	70	58	Pirgua	NORMAL
3539653.87	7437217.05	3623.82	85	253	Lecho	NORMAL
3539953.08	7437338.95	3680.01	85	269	Lecho	NORMAL
3539853.35	7436767.12	3653.5	15	261	Lecho	NORMAL
3540179.16	7436800.36	3611	35	89	Lecho	NORMAL
3540504.97	7437848.72	3589.89	10	105	Yacoraite	NORMAL
3540717.74	7437729.03	3573.52	20	110	Yacoraite	NORMAL
3541149.94	7437722.38	3564.01	40	98	Yacoraite	NORMAL
3540680.06	7437146.12	3545.87	25	89	Yacoraite	NORMAL
3541223.08	7437310.13	3537.78	15	89	Mealla	NORMAL
3541861.4	7436935.56	3624.39	80	93	Maiz Gordo	NORMAL
3541107.83	7436609.75	3541.8	85	90	Yacoraite	NORMAL
3547205.14	7437653.68	3532.8	15	239	Casa Grande	NORMAL
3547393.53	7436780.42	3566.95	5	246	Casa Grande	NORMAL
3547905.52	7436603.1	3606.23	10	258	Lumbreras	NORMAL
3550006.66	7436973.24	4008.27	55	271	Yacoraite	NORMAL
3550731.42	7436815.88	4048.94	65	131	Yacoraite	NORMAL
3552185.38	7437345.6	3939.99	30	172	Yacoraite	NORMAL
3552402.59	7437866.45	3955.16	30	186	Yacoraite	NORMAL
3549299.63	7437319	3763.33	85	270	Maiz Gordo	NORMAL
3552721.75	7438070.36	3866.39	30	108	Yacoraite	NORMAL
3553001.01	7438094.74	3864.58	65	226	Gr Meson	NORMAL
3551442.89	7436073.39	4045.56	40	311	Yacoraite	OVERTURNED
3551932.71	7436033.49	4215.11	65	293	Lecho	OVERTURNED
3551378.61	7435118.12	4040.18	45	281	Yacoraite	OVERTURNED
3548849.7	7436525.53	3681.35	20	279	Mealla	NORMAL
3549738.48	7435849.53	3864.64	65	258	Yacoraite	NORMAL
3549179.95	7435672.22	3697.42	15	274	Mealla	NORMAL
3549281.9	7434925.29	3684.24	18	250	Mealla	NORMAL
3550520.87	7434845.5	3908.62	20	91	Yacoraite	NORMAL

3547648.42	7435510.42	3610.18	20	263	Casa Grande	NORMAL
3548167.05	7435457.23	3616	20	260	Lumbreras	NORMAL
3547032.26	7435838.45	3534	12	248	Casa Grande	NORMAL
3544421.34	7435120.33	3524.39	45	162	Casa Grande	NORMAL
3543955.9	7435470.53	3543.65	5	137	Casa Grande	NORMAL
3542821.1	7435678.87	3512.85	35	82	Casa Grande	OVERTURNED
3542311.33	7436545.48	3598.71	85	78		OVERTURNED
3541176.54	7435404.03	3665.02	15	54	Yacoraite	NORMAL
3540852.94	7435878.34	3641.08	30	53	Yacoraite	NORMAL
3540438.48	7436295.02	3666	30	55	Yacoraite	NORMAL
3540551.51	7435898.29	3717.24	30	56	Lecho	NORMAL
3541420.34	7434774.58	3657.17	50	78	Yacoraite	NORMAL
3541225.3	7434411.09	3661.55	55	51	Lecho	NORMAL
3540498.32	7434659.32	3719.92	30	66	Pirgua	NORMAL
3540327.66	7435421.76	3757.34	30	64	Lecho	NORMAL
3539241.62	7436363.73	3690.16	60	40	Pirgua	NORMAL
3539795.72	7435871.69	3725.42	45	48	Pirgua	NORMAL
3540154.78	7435880.56	3759	35	56	Lecho	NORMAL
3539942	7436286.16	3689.58	30	58	Lecho	NORMAL
3539620.62	7434572.88	3697.78	15	41	Pirgua	NORMAL
3528791.31	7435559.18	4873.53	45	269	Ordovicico	NORMAL
3528771.36	7433772.76	4647.29	70	128	Ordovicico	NORMAL
3531506.39	7432161.44	4046.99	35	109	Gr Meson	NORMAL
3531116.31	7431704.87	4209.63	30	141	Gr Meson	NORMAL
3534658.11	7431797.95	3869.23	30	259	Pisungo	NORMAL
3535119.12	7431578.53	3832.63	40	266	Pisungo	NORMAL
3535560.19	7432646.84	3785.42	65	242	Rio Grande	NORMAL
3535506.99	7432130.41	3772.1	35	21	Rio Grande	NORMAL
3535713.12	7431682.7	3826.11	50	237	Rio Grande	NORMAL
3536205.16	7431820.12	3853.63	75	239	Rio Grande	NORMAL
3535970.22	7433679.68	3776.21	85	247	Rio Grande	NORMAL
3535990.17	7432870.69	3740.38	90	227	Rio Grande	VERTICAL
3535648.84	7432824.15	3792.59	80	260	Rio Grande	OVERTURNED
3535910.38	7433141.09	3772.67	70	243	Rio Grande	OVERTURNED
3536233.97	7433364.95	3742.98	80	259	Rio Grande	OVERTURNED
3536242.84	7432966	3748.21	30	198	Rio Grande	OVERTURNED
3536271.65	7432396.38	3816.07	60	224	Rio Grande	OVERTURNED
3537076.2	7433998.84	3713.68	55	66	Ordovicico	NORMAL
3537703.44	7433894.67	3725.47	25	33	Ordovicico	NORMAL
3538177.75	7433726.22	3693.57	40	91	Ordovicico	NORMAL
3537342.17	7433675.24	3718.46	35	16	Ordovicico	NORMAL
3538796.13	7434025.43	3687.11	85	40	Pirgua	NORMAL
3538984.52	7433593.24	3633.97	75	70	Ordovicico	NORMAL

3539192.86	7433515.66	3677.29	70	91	Pirgua	NORMAL
3536841.26	7432985.94	3785.71	40	286	Ordovicico	NORMAL
3536677.25	7432644.62	3796.37	50	276	Ordovicico	NORMAL
3536801.37	7432250.1	3859.39	60	282	Ordovicico	NORMAL
3536779.2	7431795.74	3969.68	35	20	Ordovicico	NORMAL
3536535.4	7431538.64	4015.2	65	299	Ordovicico	NORMAL
3537215.83	7433225.31	3778.58	40	340	Ordovicico	NORMAL
3537716.74	7432613.59	3888.74	60	0	Gr Meson	NORMAL
3537863.02	7432230.15	3918.53	45	93	Gr Meson	NORMAL
3537712.31	7432239.02	3960.19	30	28	Gr Meson	NORMAL
3537814.26	7431649.46	3862.02	60	78	Gr Meson	NORMAL
3539664.95	7433779.41	3695.43	40	87	Pirgua	NORMAL
3539722.58	7434165.07	3688	55	97	Ordovicico	NORMAL
3539795.72	7432999.24	3656.63	30	105	Ordovicico	NORMAL
3539933.14	7434278.1	3706.32	10	70	Pirgua	NORMAL
3539955.3	7433883.58	3689.38	30	90	Ordovicico	NORMAL
3540363.12	7433998.84	3688.87	40	59	Pirgua	NORMAL
3540744.34	7433876.94	3805.61	60	70	Pirgua	NORMAL
3541389.31	7433617.62	3671.58	55	70	Lecho	NORMAL
3541770.53	7433706.27	3642.94	45	75	Yacoraite	NORMAL
3540212.4	7433376.03	3677.12	60	32		NORMAL
3540425.18	7433008.11	3675.2	55	73	Ordovicico	NORMAL
3540239	7432469.52	3625.85	35	60	Ordovicico	NORMAL
3541812.64	7433039.14	3649.58	15	68	Yacoraite	NORMAL
3540560.38	7431671.62	3573.8	40	60	Ordovicico	NORMAL
3541003.66	7431667.19	3611.4	25	89	Pirgua	NORMAL
3541163.24	7431877.75	3644.4	50	89	Pirgua	NORMAL
3542054.23	7432941.62	3603.07	55	46	Yacoraite	NORMAL
3542247.06	7432972.65	3607.14	70	91	Mealla	NORMAL
3542532.97	7432728.84	3603.51	73	93	Mealla	NORMAL
3542739.1	7432542.66	3607.6	70	86	Lumbreras	NORMAL
3543098.15	7432043.98	3570.86	50	84	Casa Grande	NORMAL
3542781.21	7432039.54	3578.79	75	87	Lumbreras	NORMAL
3542566.22	7432121.55	3595.66	75	89	Mealla	NORMAL
3542355.66	7432132.63	3620.25	70	88	Mealla	NORMAL
3542089.69	7432028.46	3635.15	60	88	Yacoraite	NORMAL
3541894.65	7432294.43	3675.28	75	92	Yacoraite	NORMAL
3541617.6	7431797.95	3750.07	75	87	Lecho	NORMAL
3541158.8	7431303.7	3586.09	60	93	Pirgua	NORMAL
3542069.74	7431339.16	3650.71	75	124	Yacoraite	NORMAL
3545110.64	7433715.14	3479.36	20	249	Casa Grande	NORMAL
3546030.45	7433486.85	3462.13	20	234	Casa Grande	NORMAL
3546132.4	7433930.13	3463.09	20	233	Casa Grande	NORMAL



3545760.04	7432573.69	3522.2	15	233	Casa Grande	NORMAL
3545243.62	7432110.47	3520.62	10	271	Casa Grande	NORMAL
3545465.26	7432106.03	3526.93	15	240	Casa Grande	NORMAL
3545950.66	7431919.86	3508.96	15	236	Casa Grande	NORMAL
3546400.58	7431609.56	3466.7	5	245	Casa Grande	NORMAL
3546622.22	7432227.94	3440.64	30	231	Casa Grande	NORMAL
3547085.45	7431587.4	3503.25	20	262	Casa Grande	NORMAL
3547182.97	7432906.15	3498.45	18	244	Casa Grande	NORMAL
3547610.74	7432983.73	3575.21	20	233	Casa Grande	NORMAL
3550097.53	7433083.47	3838.32	40	265	Yacoraite	NORMAL
3550429.99	7433249.7	3870.04	10	70	Yacoraite	NORMAL
3549798.32	7432504.99	3720.14	50	266	Mealla	NORMAL
3550075.37	7432360.92	3778.31	25	254	Yacoraite	NORMAL
3549406.02	7432531.58	3693.7	35	274	Maiz Gordo	NORMAL
3549060.26	7432520.5	3658.2	35	266	Lumbreras	NORMAL
3548718.94	7432405.25	3613.09	35	265	Casa Grande	NORMAL
3547655.06	7432305.51	3525.91	20	244	Casa Grande	NORMAL
3547845.67	7431735.9	3530.84	30	271	Casa Grande	NORMAL
3548599.25	7431567.45	3587.39	30	264	Casa Grande	NORMAL
3548874.08	7431664.97	3605.52	35	263	Casa Grande	NORMAL
3549160	7431653.89	3674.89	35	268	Lumbreras	NORMAL
3550332.47	7432170.31	3829.58	50	98	Yacoraite	NORMAL
3550620.6	7432575.91	3844.78	70	116	Mealla	NORMAL
3550596.22	7432378.65	3859.76	70	104	Mealla	NORMAL
3549492.46	7431374.62	3717.75	35	268	Maiz Gordo	NORMAL
3550518.65	7431332.51	3874.46	50	79	Mealla	NORMAL
3550882.14	7433595.45	3902.78	80	107	Mealla	NORMAL
3552992.15	7433823.74	4032.69	35	256	Gr Meson	NORMAL
3552668.55	7433136.66	4016.47	30	272	Gr Meson	NORMAL
3552777.16	7432422.98	3948.93	30	266	Gr Meson	NORMAL
3552333.88	7432493.9	4028.37	75	287	Gr Meson	NORMAL
3551941.58	7432172.53	4234.34	10	287	Gr Meson	NORMAL
3551622.42	7432086.09	4176.25	70	290	Yacoraite	NORMAL
3551327.63	7431531.99	4076.75	70	286	Lecho	NORMAL
3551369.75	7433163.26	4037.11	30	275	Yacoraite	OVERTURNED
3551294.39	7432207.99	4069	55	272	Yacoraite	OVERTURNED
3551023.99	7431580.75	4022.14	60	258	Yacoraite	OVERTURNED
3551194.65	7430864.85	4032.21	70	284	Lecho	OVERTURNED
3551017.34	7431075.41	4023.32	65	94	Yacoraite	NORMAL
3552165.43	7431288.18	4098.71	70	279	Gr Meson	NORMAL
3552325.01	7430399.41	4100.05	70	295	Gr Meson	NORMAL
3552639.74	7429876.34	4227.53	70	290	Gr Meson	NORMAL
3551857.35	7429472.95	4287.62	65	295	Gr Meson	NORMAL

3551593.6	7429295.64	4307.54	60	289	Gr Meson	NORMAL
3550551.9	7430366.16	3965.25	45	62	Yacoraite	NORMAL
3550742.51	7431268.24	3936.01	35	277	Mealla	OVERTURNED
3550793.48	7430315.19	3959.71	65	244	Lecho	OVERTURNED
3550809	7429393.16	4138.39	75	280	Lecho	OVERTURNED
3551021.77	7430335.13	3972.48	70	293	Lecho	NORMAL
3548257.92	7430587.8	3660.1	40	260	Casa Grande	NORMAL
3547721.56	7430264.21	3488.31	25	269	Casa Grande	NORMAL
3549228.71	7430024.84	3652.48	40	290	Maiz Gordo	NORMAL
3548734.45	7429718.97	3483.39	35	279	Lumbreras	NORMAL
3549445.91	7429747.79	3657.56	40	296	Mealla	NORMAL
3549873.68	7431221.69	3769.04	30	272	Mealla	NORMAL
3550396.75	7431115.3	3841.39	40	84	Yacoraite	NORMAL
3549804.97	7430878.15	3783.49	40	265	Mealla	NORMAL
3549479.16	7430931.34	3750.86	30	272	Maiz Gordo	NORMAL
3549186.6	7431015.57	3688.89	45	269	Lumbreras	NORMAL
3550372.37	7429951.7	4026.9	80	276	Yacoraite	NORMAL
3550079.8	7429891.85	3968.26	25	276	Yacoraite	NORMAL
3549778.37	7429439.71	3841.09	45	289	Yacoraite	NORMAL
3550438.86	7429169.31	4073.27	60	256	Lecho	NORMAL
3550068.72	7429078.44	3972.28	40	277	Yacoraite	NORMAL
3550489.84	7428635.16	4209.98	85	269	Lecho	NORMAL
3549120.1	7429040.76	3602.04	45	277	Mealla	NORMAL
3548818.67	7429102.82	3545.03	50	279	Maiz Gordo	NORMAL
3549840.43	7428471.14	3997.77	45	286	Yacoraite	NORMAL
3546994.58	7428655.1	3391.96	10	318	Casa Grande	NORMAL
3549474.73	7428446.76	3807.95	45	297	Yacoraite	NORMAL
3546728.61	7429435.28	3424.93	15	302	Casa Grande	NORMAL
3546635.52	7428814.68	3410.41	10	335	Casa Grande	NORMAL
3546810.62	7429120.55	3400.45	5	295	Casa Grande	NORMAL
3546489.24	7429357.7	3440.98	5	345	Casa Grande	NORMAL
3546571.25	7430982.32	3413.23	10	248		NORMAL
3546019.36	7429224.72	3434.85	5	345	Casa Grande	NORMAL
3545733.45	7429348.84	3458.85	5	2	Casa Grande	NORMAL
3545711.28	7429605.94	3463.35	10	4	Casa Grande	NORMAL
3545487.43	7429962.78	3479.98	5	16	Casa Grande	NORMAL
3545077.39	7430410.49	3503.13	10	10	Casa Grande	NORMAL
3545004.25	7429845.31	3517.84	20	28	Casa Grande	NORMAL
3545066.31	7429253.53	3453.22	20	25		NORMAL
3545334.5	7428646.24	3459.93	20	37	Casa Grande	NORMAL
3544093.31	7428825.77	3477.27	10	36		NORMAL
3543313.14	7428856.8	3433.38	30	50	Lumbreras	NORMAL
3543426.18	7429756.65	3501.95	20	81	Casa Grande	NORMAL

3543166.86	7430485.85	3571.23	30	91	Casa Grande	NORMAL
3542453.18	7431048.81	3612.7	80	89	Mealla	NORMAL
3542892.03	7430621.05	3582.6	80	92	Lumbreras	NORMAL
3542515.24	7430109.06	3539.12	80	89	Mealla	NORMAL
3542945.22	7429453.01	3467.11	80	78	Maiz Gordo	NORMAL
3543069.34	7428890.04	3447.04	40	76	Maiz Gordo	NORMAL
3542663.74	7428927.72	3454.11	80	94	Mealla	NORMAL
3542521.89	7429371	3490.09	80	90	Mealla	NORMAL
3541646.41	7430880.37	3646.07	75	89	Lecho	NORMAL
3541316.17	7430660.94	3593.93	60	90	Pirgua	NORMAL
3541484.61	7430277.51	3577.11	65	89	Pirgua	NORMAL
3541697.39	7429814.28	3525.01	65	90	Lecho	NORMAL
3542069.74	7428898.91	3591.08	55	103	Yacoraite	NORMAL
3542169.48	7428628.51	3507.14	80	88	Yacoraite	NORMAL
3541692.96	7429191.47	3581.29	80	91	Lecho	NORMAL
3541892.43	7428530.99	3542.52	60	90	Lecho	NORMAL
3541435.85	7428934.37	3589.4	80	91	Pirgua	NORMAL
3541515.64	7428635.16	3580.26	80	89	Lecho	NORMAL
3541085.66	7428493.31	3592.78	45	94	Pirgua	NORMAL
3541322.82	7430177.77	3538.66	75	79	Ordovicico	NORMAL
3541101.18	7430366.16	3580.38	75	91	Ordovicico	NORMAL
3540954.9	7430935.78	3574.65	50	59	Ordovicico	NORMAL
3540897.27	7430355.08	3575.75	15	319	Ordovicico	NORMAL
3540232.35	7430871.5	3610.51	55	83	Ordovicico	NORMAL
3540170.29	7429891.85	3636.1	15	89	Pirgua	NORMAL
3539873.29	7429796.55	3647.29	15	272	Pirgua	NORMAL
3539764.69	7429566.04	3648.13	10	45	Ordovicico	NORMAL
3539749.18	7428606.34	3748.91	10	119	Pirgua	NORMAL
3539866.64	7428331.51	3732.94	10	114	Pirgua	NORMAL
3540150.34	7430570.07	3624.08	90	231	Ordovicico	VERTICAL
3536433.45	7430503.58	4212.32	40	309	Ordovicico	NORMAL
3537501.75	7430567.85	4017.91	50	92	Gr Meson	NORMAL
3537634.73	7429572.69	3938.79	50	82	Ordovicico	NORMAL
3537275.68	7428748.19	4101.27	25	88	Ordovicico	NORMAL
3536683.9	7428750.41	4152.74	30	90	Gr Meson	NORMAL
3535557.97	7430966.81	3883.32	25	232	Rio Grande	NORMAL
3534881.97	7430962.37	3877.97	20	268	Pisungo	NORMAL
3535003.87	7430361.73	3878.63	20	267	Pisungo	NORMAL
3535010.52	7429384.3	3989.8	15	236	Pisungo	NORMAL
3531373.41	7428759.27	3959.84	65	288	Rio Grande	NORMAL
3531459.85	7428650.67	3943.72	85	321	Rio Grande	NORMAL
3531668.19	7428535.42	3953.46	45	69	Rio Grande	NORMAL
3530114.5	7427677.67	4029.28	50	90	Ordovicico	NORMAL

3530648.65	7427748.6	4017.43	45	283	Pisungo	NORMAL
3531262.59	7428076.62	3933.73	80	63	Rio Grande	NORMAL
3531914.21	7428056.68	3916.49	50	72	Rio Grande	NORMAL
3532191.26	7427779.63	3910.81	60	67	Rio Grande	NORMAL
3531100.79	7427438.3	3989.64	75	66	Rio Grande	NORMAL
3531590.62	7427254.34	3915.08	80	70	Rio Grande	NORMAL
3531821.12	7427187.85	3896.95	40	72	Rio Grande	NORMAL
3532339.76	7427655.51	3896.26	55	70	Rio Grande	NORMAL
3532539.24	7427378.46	3871.17	55	67	Rio Grande	NORMAL
3532601.29	7426764.52	3850.76	70	69	Rio Grande	NORMAL
3533529.97	7427668.81	3922.66	25	311	Rio Grande	NORMAL
3533215.24	7426842.09	3880.11	55	11	Rio Grande	NORMAL
3533603.11	7427362.94	3902.29	30	359	Rio Grande	NORMAL
3533567.64	7426866.47	3852.05	25	1	Pisungo	NORMAL
3529919.45	7423663.78	3897.32	35	90	Ordovicico	NORMAL
3531344.6	7425780.44	3909.48	90	250		VERTICAL
3533144.31	7426403.24	3821.91	45	0	Rio Grande	NORMAL
3533230.75	7425660.75	3809.06	50	4	Rio Grande	NORMAL
3533314.97	7425405.87	3798.97	65	4	Rio Grande	NORMAL
3533372.6	7423936.39	3764.77	80	327		NORMAL
3533959.95	7423836.66	3881.11	65	42	Ordovicico	NORMAL
3533831.4	7425080.06	3819.85	50	346	Rio Grande	OVERTURNED
3533370.38	7424918.26	3790.18	80	0	Rio Grande	OVERTURNED
3534104.01	7425554.36	3895	80	1		OVERTURNED
3534392.14	7425485.66	3957.71	30	336	Ordovicico	OVERTURNED
3534237	7423703.67	3924.34	20	284	Gr Meson	NORMAL
3535163.45	7426285.78	4169.62	10	251	Gr Meson	NORMAL
3535014.95	7425804.82	4113.48	10	258	Gr Meson	NORMAL
3536211.81	7425869.09	4195.08	25	88	Gr Meson	NORMAL
3537269.03	7425953.32	4025.73	30	90	Ordovicico	NORMAL
3537036.31	7425545.5	3998.06	25	129	Gr Meson	NORMAL
3536785.85	7424876.15	4051.47	40	135	Gr Meson	NORMAL
3536748.17	7423699.24	3975.46	35	143	Gr Meson	NORMAL
3537610.35	7426108.46	3944.39	50	91	Ordovicico	NORMAL
3538454.8	7426356.7	3878.97	25	139	Ordovicico	NORMAL
3538563.4	7425762.71	3784.76	25	116	Ordovicico	NORMAL
3538188.83	7425682.92	3809.32	55	109	Ordovicico	NORMAL
3537446.34	7424408.49	3895.1	45	132	Ordovicico	NORMAL
3537820.91	7423858.82	3749.86	45	141	Ordovicico	NORMAL
3539177.35	7425341.59	3704.21	65	135	Ordovicico	NORMAL
3539425.58	7425729.46	3743.61	85	139	Ordovicico	NORMAL
3539809.02	7425716.16	3805.69	20	90	Pirgua	NORMAL
3539824.53	7426110.68	3764.4	15	118	Pirgua	NORMAL



3540447.34	7425973.26	3799.05	30	88	Pirgua	NORMAL
3540835.21	7426549.53	3656.3	25	92	Pirgua	NORMAL
3539868.86	7424807.44	3667.34	45	67	Ordovicico	NORMAL
3540440.69	7425428.03	3817.7	30	93	Pirgua	NORMAL
3540540.43	7425040.16	3813.47	20	67	Pirgua	NORMAL
3540888.4	7425718.38	3667.91	30	87	Pirgua	NORMAL
3540500.53	7424752.03	3724.39	45	90	Ordovicico	NORMAL
3540356.47	7424501.58	3656.36	65	69	Ordovicico	NORMAL
3540533.78	7423958.56	3605.38	70	119	Ordovicico	NORMAL
3540451.77	7426622.67	3693.22	20	90	Pirgua	NORMAL
3539549.7	7428138.68	3699.19	60	108	Ordovicico	NORMAL
3539130.8	7427941.42	3744.42	75	110	Ordovicico	NORMAL
3538993.38	7427110.27	3729.59	15	104	Ordovicico	NORMAL
3538527.94	7426804.41	3779.04	75	106		NORMAL
3538060.28	7426888.64	3888.05	85	89	Ordovicico	NORMAL
3537648.03	7427085.89	3904.15	60	101	Ordovicico	NORMAL
3537335.52	7428012.35	3902.78	60	90	Ordovicico	NORMAL
3536958.73	7427473.76	4095.81	30	80	Gr Meson	NORMAL
3536734.88	7426842.09	4125.81	50	91	Gr Meson	NORMAL
3540591.41	7427910.39	3670.77	10	77	Pirgua	NORMAL
3540806.4	7427600.1	3636.66	10	81	Pirgua	NORMAL
3541373.79	7427730.87	3582.17	10	89	Pirgua	NORMAL
3541899.08	7427710.92	3556.24	80	258	Lecho	OVERTURNED
3542311.33	7426629.32	3509.47	85	238	Yacoraite	OVERTURNED
3542089.69	7427919.26	3599.67	80	89	Yacoraite	NORMAL
3542395.55	7428127.6	3575.29	70	95		NORMAL
3542240.41	7427604.53	3576.95	65	80	Yacoraite	NORMAL
3542796.72	7427655.51	3458.78	15	104	Mealla	NORMAL
3541970.01	7426644.83	3555.39	75	89	Yacoraite	NORMAL
3542335.71	7427134.66	3556.18	80	75	Yacoraite	NORMAL
3542561.78	7427154.6	3524.43	30	69	Yacoraite	NORMAL
3542759.04	7427382.89	3440.87	15	97	Mealla	NORMAL
3543240	7427956.94	3425.21	10	67	Mealla	NORMAL
3543552.51	7427886.01	3430.13	30	70	Maiz Gordo	NORMAL
3543337.52	7428058.89	3421.57	40	71	Maiz Gordo	NORMAL
3543935.95	7428249.5	3425.14	15	25	Lumbreras	NORMAL
3543104.8	7427491.5	3453.81	15	48	Mealla	NORMAL
3542834.4	7426833.23	3462.15	70	89	Mealla	NORMAL
3542969.6	7426409.89	3494.51	80	54	Mealla	NORMAL
3542641.57	7426684.73	3474.91	80	94	Yacoraite	NORMAL
3542251.49	7426148.36	3478.83	65	70	Yacoraite	NORMAL
3542034.28	7426148.36	3522.68	65	90	Yacoraite	NORMAL
3542107.42	7425880.17	3502.33	60	81	Yacoraite	NORMAL

3542065.31	7425558.8	3540.4	20	78	Yacoraite	NORMAL
3541881.35	7425529.98	3537.48	30	93	Lecho	NORMAL
3541628.68	7425490.09	3536.96	30	95	Lecho	NORMAL
3541513.43	7425913.42	3569.63	25	75	Lecho	NORMAL
3541362.71	7425554.36	3555.43	30	89	Pirgua	NORMAL
3544024.61	7427839.47	3415.46	10	18	Maiz Gordo	NORMAL
3544886.78	7428256.15	3419.55	20	25	Casa Grande	NORMAL
3545596.03	7428185.23	3515	20	19	Casa Grande	NORMAL
3546303.06	7428054.46	3407.83	10	348	Casa Grande	NORMAL
3546806.18	7428043.38	3389	10	328	Casa Grande	NORMAL
3546874.89	7427553.55	3371.56	10	331	Casa Grande	NORMAL
3546706.45	7427329.7	3364.65	5	339	Lumbreras	NORMAL
3545343.36	7427821.74	3412.8	10	22	Lumbreras	NORMAL
3544277.28	7427843.9	3406.47	13	0	Maiz Gordo	NORMAL
3546134.62	7427444.95	3427.96	20	0	Lumbreras	NORMAL
3545347.8	7427586.8	3398.66	20	19	Maiz Gordo	NORMAL
3545057.45	7427068.16	3395.58	20	33	Mealla	NORMAL
3546713.1	7426799.98	3355.86	15	332	Maiz Gordo	NORMAL
3546172.29	7426937.4	3368.17	10	357	Mealla	NORMAL
3546032.66	7426469.74	3393.61	30	0	Mealla	NORMAL
3545471.91	7426760.08	3392.99	25	18	Mealla	NORMAL
3545236.98	7426655.91	3401.96	55	38	Yacoraite	NORMAL
3544962.14	7426768.95	3406.78	30	40	Mealla	NORMAL
3546928.09	7426611.59	3371.01	20	21	Maiz Gordo	NORMAL
3546475.94	7426350.05	3375.85	50	114	Mealla	NORMAL
3547154.16	7425928.94	3389.72	20	37	Mealla	NORMAL
3546451.56	7425729.46	3419.71	15	129	Mealla	NORMAL
3545897.46	7425913.42	3424.31	25	97	Yacoraite	NORMAL
3544891.22	7426294.64	3482.87	55	78	Yacoraite	NORMAL
3544804.78	7426381.08	3456.53	30	293	Yacoraite	NORMAL
3544266.19	7425545.5	3534.52	65	282	Yacoraite	NORMAL
3544405.83	7425474.57	3548.56	20	92	Yacoraite	NORMAL
3545839.84	7425592.04	3446.01	55	133	Yacoraite	NORMAL
3545875.3	7426095.16	3427.42	45	5	Yacoraite	NORMAL
3544769.32	7425487.87	3570.11	15	355	Yacoraite	NORMAL
3544419.12	7425201.96	3589.42	25	128	Yacoraite	NORMAL
3545635.93	7425201.96	3503.51	25	122	Yacoraite	NORMAL
3547703.83	7428052.24	3393.79	30	289	Casa Grande	NORMAL
3548149.32	7427890.45	3456.67	30	318	Maiz Gordo	NORMAL
3548477.35	7427850.55	3518	40	292	Maiz Gordo	NORMAL
3548814.24	7427764.11	3580.42	45	282	Mealla	NORMAL
3547659.5	7427460.47	3403.48	25	291	Lumbreras	NORMAL
3548362.1	7427112.49	3553.06	50	286	Maiz Gordo	NORMAL

3549966.77	7427815.09	4176.95	75	292	Lecho	NORMAL
3550562.98	7426901.93	4162.56	55	262	Lecho	NORMAL
3549315.15	7427017.19	3892.09	60	292	Yacoraite	NORMAL
3548468.48	7426678.08	3584.23	45	296	Mealla	NORMAL
3548863	7426498.55	3805.09	55	296	Yacoraite	NORMAL
3548913.98	7425999.86	3857.47	60	292	Yacoraite	NORMAL
3547958.71	7425902.34	3476.36	65	301	Mealla	NORMAL
3547570.84	7425505.6	3401.26	60	113	Mealla	NORMAL
3547061.07	7425217.47	3381.02	45	133	Yacoraite	NORMAL
3547327.04	7426593.85	3409.46	20	34	Lumbreras	NORMAL
3550241.6	7425833.63	4017.32	45	289	Lecho	NORMAL
3547289.36	7424927.12	3342.92	45	113	Mealla	NORMAL
3547774.75	7427090.33	3425.02	20	287	Lumbreras	NORMAL
3547956.49	7427072.6	3481.31	30	282	Maiz Gordo	NORMAL
3547699.39	7426436.49	3484.41	45	308	Maiz Gordo	NORMAL
3547287.14	7426401.03	3416.34	20	347	Maiz Gordo	NORMAL
3551241.2	7426915.23	4009.17	80	274	Gr Meson	NORMAL
3551699.99	7426686.94	3944.38	70	269	Gr Meson	NORMAL
3550478.75	7424095.97	3779.91	80	297	Gr Meson	NORMAL
3551551.49	7423779.03	3770.92	25	112	Precambrico	NORMAL
3552012.5	7424071.59	3491.41	45	291	Yacoraite	OVERTURNED
3549782.81	7424206.79	3674.55	45	295	Pirgua	NORMAL
3548234.71	7424625.49	3661.62	65	283	Yacoraite	NORMAL
3548089.07	7423804.15	3712.63	70	293	Yacoraite	NORMAL
3547095.82	7423925.92	3351.9	60	101	Mealla	NORMAL
3546546.67	7423992.77	3482.91	30	91	Yacoraite	NORMAL
3546599.19	7423247.84	3557.9	30	140	Maiz Gordo	NORMAL
3549010.69	7423180.98	3353.66	80	303	Pirgua	NORMAL
3544939.8	7425031.39	3581.64	10	82	Yacoraite	NORMAL
3545042.46	7424761.59	3564.73	35	132	Yacoraite	NORMAL
3544070.7	7424563.42	3606.46	25	131	Yacoraite	NORMAL
3544629.41	7424678.02	3639.18	25	164	Yacoraite	NORMAL
3544383.48	7424417.77	3677.49	20	134	Yacoraite	NORMAL
3544123.23	7423997.55	3670.25	30	146	Yacoraite	NORMAL
3544679.55	7424050.08	3612.99	30	124	Yacoraite	NORMAL
3545243.03	7424296	3522.82	15	108	Yacoraite	NORMAL
3545312.27	7423684.77	3631.05	85	289	Yacoraite	NORMAL
3545608.33	7424549.09	3509.55	45	128	Mealla	NORMAL
3545892.46	7424334.2	3610.51	85	304	Yacoraite	NORMAL
3546021.39	7423823.25	3595.66	5	137	Yacoraite	NORMAL
3542232.24	7424262.58	3570.04	30	70	Lecho	NORMAL
3540990.67	7424417.77	3735.04	20	66	Pirgua	NORMAL
3541358.37	7425040.94	3598.65	30	91	Pirgua	NORMAL

3541236.6	7424682.8	3604.73	20	69	Pirgua	NORMAL
3541453.87	7424138.42	3696.02	25	68	Pirgua	NORMAL
3540038.01	7423288.43	3617.74	35	63		NORMAL
3540527.47	7423195.31	3604.01	35	42	Ordovicico	NORMAL
3534369.8	7423417.36	3905.34	30	255	Gr Meson	NORMAL
3537244.49	7423250.22	3924.78	35	133	Ordovicico	NORMAL
3534305.33	7422810.9	3896.85	15	269	Gr Meson	NORMAL
3533589.05	7422416.94	3726.89	45	309	Ordovicico	NORMAL
3533312.08	7422870.59	3739.45	40	99	Ordovicico	NORMAL
3533467.28	7422030.15	3714.63	75	263	Pirgua	NORMAL
3533421.91	7421774.67	3711.36	75	247	Pirgua	NORMAL
3533242.84	7421170.61	3698.61	45	91	Lecho	NORMAL
3533345.51	7421244.62	3719.05	50	87	Yacoraite	NORMAL
3536745.48	7422839.55	3902.86	40	142	Gr Meson	NORMAL
3533345.51	7421497.71	3721.28	50	255	Lecho	OVERTURNED
3541111.14	7423123.28	3593.76	65	84	Ordovicico	NORMAL
3541533.61	7422790.12	3590.19	40	96	Ordovicico	NORMAL
3541936.78	7423036.37	3591.31	30	66	Pirgua	NORMAL
3542221.65	7422814.26	3620.09	30	68	Pirgua	NORMAL
3542752.76	7420902.26	3710.28	25	67	Pirgua	NORMAL
3545058.27	7423159.49	3638.33	30	306	Yacoraite	NORMAL
3545321.41	7423113.62	3692.43	10	125	Yacoraite	NORMAL
3545446.95	7423101.55	3698.07	10	117	Yacoraite	NORMAL
3545710.09	7423195.7	3665.77	40	91	Yacoraite	NORMAL
3545999.79	7422980.84	3546.03	35	144	Mealla	NORMAL
3546149.46	7422645.27	3566.84	35	141	Mealla	NORMAL
3545724.57	7422539.05	3623.31	35	137	Mealla	NORMAL
3545111.38	7422763.57	3629.02	40	164	Yacoraite	NORMAL
3545509.71	7421464.76	3658.46	30	146	Maiz Gordo	NORMAL
3546724.03	7421201.61	3541.46	85	304	Maiz Gordo	NORMAL
3547185.13	7422428	3457.71	80	288	Mealla	NORMAL
3547342.05	7422804.61	3450.04	60	291	Mealla	NORMAL
3547556.91	7421788.25	3879.55	80	291	Yacoraite	NORMAL
3547607.61	7422763.57	3571.13	75	294	Yacoraite	NORMAL
3548003.53	7422749.08	3446.89	75	282	Lecho	NORMAL
3548384.97	7422565.61	3625.95	65	293	Lecho	NORMAL
3548001.12	7422316.95	3680.63	70	283	Lecho	NORMAL
3547373.44	7421223.34	3846.37	80	295	Yacoraite	NORMAL
3547395.16	7420680.16	3922.4	30	291	Yacoraite	NORMAL
3548949.88	7422679.07	3277.34	60	278	Pirgua	NORMAL
3551537.84	7422331.44	3434.64	35	127	Precambrico	NORMAL
3550741.17	7421894.47	3294.85	75	264	Gr Meson	NORMAL
3550847.4	7422833.58	3295.51	80	266	Gr Meson	NORMAL



3552373.14	7422744.25	3305.7	60	275	Ordovicico	NORMAL
3549541.34	7422613.89	3272.76	80	292	Gr Meson	NORMAL
3549205.78	7422596.99	3360.39	80	292	Ordovicico	NORMAL
3552078.61	7422266.25	3216.24	45	300	Yacoraite	OVERTURNED
3550120.74	7422430.42	3361.04	70	258	Gr Meson	NORMAL
3550325.94	7422903.59	3260.7	90	263	Gr Meson	VERTICAL
3546040.83	7420083.86	3784.36	30	286	Lumbreras	NORMAL
3543037.63	7420134.56	3712.76	25	69	Pirgua	NORMAL
3546574.35	7420197.33	3729.05	90	299	Mealla	VERTICAL
3533620.04	7420634.29	3721.76	50	107	Yacoraite	NORMAL
3533574.17	7420525.65	3715.45	50	85	Lecho	NORMAL
3533395.52	7420054.89	3685.42	45	85	Pirgua	NORMAL
3552150.9	7428341.68	4127.92	65	278	Gr Meson	NORMAL
3550074.36	7428425.66	4153.68	45	298	Lecho	NORMAL
3548177.24	7428429.48	3440.25	35	281	Lumbreras	NORMAL
3535727.26	7427541.49	4172.25	65	264	Gr Meson	NORMAL
3535184.64	7426950.94	4035.34	45	348	Gr Meson	NORMAL
3536006.09	7426985.56	4197.85	20	90	Gr Meson	NORMAL
3534762.38	7427887.76	3975.47	20	307	Rio Grande	NORMAL
3534633.17	7427735.47	3954.99	20	310	Rio Grande	NORMAL
3534296.29	7427322.44	3914.31	35	305	Rio Grande	NORMAL
3534167.07	7427243.99	3908.1	35	307		NORMAL
3547040.46	7434656.3	3606.78	20	262	Casa Grande	NORMAL
3549780.46	7434698.84	3805.29	50	271	Yacoraite	NORMAL
3536094.66	7442631.71	3733.23	90	291	Maiz Gordo	VERTICAL
3548848.22	7450047.06	3717.86	30	280	Lumbreras	NORMAL
3538650.34	7445793.51	3828.26	90	271	Lumbreras	VERTICAL
3531043.57	7450405.07	4454.56	30	256	Ordovicico	NORMAL
3556532.97	7458302.49	4014.01	90	270	Ordovicico	VERTICAL
3551389.72	7462368.18	3617.72	90	298		VERTICAL
3549730.83	7461903.83	3618.29	90	300	Casa Grande	VERTICAL
3550326.33	7461389.86	3616.2	80	330	Casa Grande	NORMAL
3550134.92	7462339.82	3617.23	85	273	Rio Grande	NORMAL
3538037.12	7461304.79	3852.66	85	274	Rio Grande	OVERTURNED
3540649.5	7464711.18	3735.43	-999	141	Rio Grande	OVERTURNED
3539905.13	7464601.29	3736.46	-999	118		OVERTURNED
3539674.73	7463754.13	3754.27	-999	117	Rio Grande	OVERTURNED
3537576.31	7461379.23	3921.66	-999	279	Pisungo	NORMAL
3538898.46	7461368.6	3808.87	-999	282	Rio Grande	OVERTURNED
3538877.19	7460524.97	3816.31	60	287		NORMAL
3537735.82	7460021.64	3881.39	-999	275	Rio Grande	NORMAL
3533099.45	7464824.61	3803.56	-999	300	Ordovicico	NORMAL
3539798.79	7467330.66	3737.33	90	285	Rio Grande	VERTICAL

3539008.34	7467795	3723.95	-999	288	Pisungo	NORMAL
3539483.32	7465512.26	3725.48	-999	310	Rio Grande	OVERTURNED
3541206.01	7467316.48	3721.45	-999	114	Casa Grande	OVERTURNED
3541372.61	7465856.09	3722.67	-999	271	Rio Grande	NORMAL
3538565.27	7468362.14	3690.36	90	296	Pisungo	VERTICAL
3544399.72	7467525.61	3680.67	40	181	Mealla	NORMAL
3544279.2	7467032.91	3693.59	30	168	Lumbreras	NORMAL
3544945.59	7467164.06	3686.99	25	142	Maiz Gordo	NORMAL
3550599.27	7465544.16	3663.21	65	270	Casa Grande	NORMAL
3551049.43	7465693.04	3647.34	65	283	Casa Grande	NORMAL
3552534.63	7468865.48	3730.54	90	298	Ordovicico	VERTICAL
3552268.79	7467546.88	3738.6	-999	225	Yacoraite	NORMAL
3551387.98	7472339.62	3840.97	70	286	Casa Grande	NORMAL
3551680.83	7473727	3901.41	75	85	Lumbreras	OVERTURNED
3551475.84	7470992.52	3840.07	90	263	Casa Grande	VERTICAL
3551179.33	7472339.62	3873.17	90	302	Ordovicico	VERTICAL
3531258.27	7470783.86	3652.77	90	211	Ordovicico	VERTICAL
3541442.1	7474455.46	3745.9	90	276	Mealla	VERTICAL
3546255.8	7472270.07	3852.98	85	106	Ordovicico	OVERTURNED
3541167.55	7470871.72	3747.46	85	278	Mealla	NORMAL
3541185.85	7473492.72	3755.15	75	287	Maiz Gordo	OVERTURNED
3542049.76	7473489.06	3815.89	-999	106	Lecho	OVERTURNED
3545304.04	7470304.32	3868.8	-999	136	Ordovicico	NORMAL
3542327.96	7474686.08	3871.85	-999	276	Pirgua	NORMAL
3533037.33	7472983.89	3606.86	-999	118	Yacoraite	OVERTURNED
3532960.45	7472632.47	3606.29	-999	69	Lecho	OVERTURNED
3543323.65	7477603.59	3997.58	85	323	Lecho	NORMAL
3543528.65	7478050.18	3967.31	50	322	Yacoraite	OVERTURNED
3546347.32	7476128.36	4122.23	45	97	Ordovicico	NORMAL
3546782.93	7476245.5	4076.9	70	115	Ordovicico	NORMAL
3548876.8	7479953.7	4077.79	-999	293	Pirgua	NORMAL
3542562.24	7476523.71	3895.41	90	300	Lecho	VERTICAL
3547119.71	7481190.99	3951.97	-999	137	Pirgua	NORMAL
3540457.39	7483991.36	3672.81	70	111	Rio Grande	NORMAL
3543115	7484353.76	3727.19	75	263	Pirgua	NORMAL
3543488.38	7484141.44	3757.09	80	265	Pirgua	NORMAL
3528900.83	7484203.67	3673.5	-999	300	Pirgua	NORMAL
3535918.23	7481707.13	3607.13	24	46	Lecho	NORMAL
3535072.63	7482567.38	3573.37	-999	353		NORMAL
3539271.35	7484646.61	3635.2	-999	262	Rio Grande	NORMAL
3539344.56	7484822.32	3646.73	-999	271	Rio Grande	NORMAL
3540548.91	7481264.2	3725.94	-999	92	Rio Grande	NORMAL
3549074.48	7487553.14	3815.41	90	164	Pirgua	VERTICAL

3543524.98	7488914.88	3847.84	70	306	Pirgua	NORMAL
3539889.99	7485623.99	3617.51	85	282	Lumbreras	NORMAL

